



SKRIPSI - ME 141501

**ANALISA ARUS STARTING TRANSFORMATOR
PADA PENGOPERASIAN CONTAINER CRANE DI
PELABUHAN**

**FIRMAN RACHMAT WAHYUDY
NRP 4213 106 006**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc
Adi Kurniawan, ST, MT**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - ME 141501

***STARTING CURRENT ANALYSIS ON
TRANSFORMER IN CONTAINER CRANE
OPERATION AT PORT***

**FIRMAN RACHMAT WAHYUDY
NRP 4213 106 006**

**Supervisor :
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc
Adi Kurniawan, ST, MT**

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA ARUS STARTING TRANSFORMATOR PADA PENGOPERASIAN CONTAINER CRANE DI PELABUHAN

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada**

**Bidang Studi Marine Electrical and Automation System (MEAS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

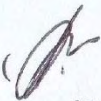
Oleh :

FIRMAN RACHMAT WAHYUDY

NRP 4213 106 006

Disetujui oleh Pembimbing SKRIPSI :

1. **Ir. Sardono Sarwito, M.Sc**
NIP. 1960 0319 1987 01 1001

()

2. **Adi Kurniawan, ST, MT**
NIP. 1989 0429 2014 04 1001

()

**SURABAYA
Januari, 2016**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA ARUS STARTING TRANSFORMATOR PADA PENGOPERASIAN CONTAINER CRANE DI PELABUHAN

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Electrical and Automation System (MEAS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

FIRMAN RACHMAT WAHYUDY
NRP 4213 106 006

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem perkapalan :

Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST, MT
NIP. 1977 0802 2008 01 1007



SURABAYA
Januari, 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISA ARUS STARTING TRANSFORMATOR PADA PENGOPERASIAN CONTAINER CRANE DI PELABUHAN

Nama Mahasiswa : Firman Rachmat Wahyudy
NRP : 4213 106 006
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc
Adi Kurniawan, ST, MT

Abstrak

Crane membutuhkan transformator untuk mengatur tegangan sesuai dengan spesifikasi tegangan pada motor-motor listrik yang digunakan. Dalam pengoperasian transformator timbul arus starting pada saat dibebankan motor-motor listrik. Tugas akhir ini memberikan gambaran simulasi kondisi arus starting dan steady state pada transformator serta dampaknya terhadap drop tegangan pada bus – bus yang terhubung. Analisa yang dilakukan yaitu dengan melakukan simulasi software untuk melihat arus starting dan steady state transformator pada setiap pembebanan motor – motor listrik container crane. Hasil analisa tersebut terdapat drop tegangan yang tidak sesuai dengan standard IEEE yaitu terjadi selama lebih dari 60 detik. Sehingga perlu penambahan kapasitor dengan daya 806400 VAR sehingga drop tegangan hanya mencapai 6 detik sesuai dengan standart IEEE. Disarankan ditambahkan kapasitor 806400 VAR pada system container crane agar beroperasi dengan optimal.

Kata kunci : Transformator, Container crane, Arus starting.

STARTING CURRENT ANALYSIS ON TRANSFORMER IN CONTAINER CRANE OPERATION AT PORT

Student Name : Firman Rachmat Wahyudy
NRP : 4213 106 006
Department : Marine Engineering
Supervisor : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc
Adi Kurniawan, ST, MT

Abstract

Crane requires a transformer to regulate the voltage in accordance with the specification voltage on electric motors used. In transformer operation, the starting current is arised when connected to electric motor. This research provide an overview of current conditions simulating starting and steady state condition on the transformer and its impact voltage drop on the bus - bus connected. Analysis is conducted through a simulation software to see the flow of starting and steady state load current of transformer on each electric motor container crane. The result of this analysis is voltage drop which is incompatible with the IEEE standard that is going on for more than 60 seconds. Therefore it needs additional power capacitors with up to 806,400 VAR, resuting voltage drop was only 6 seconds accordance with the IEEE standard. It is suggested adding 806400 VAR capacitor to container crane system in order to operate optimally.

Keyword : Transfomer, Container crane, Starting current

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur hanya kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul : **ANALISA ARUS STARTING TRANSFORMATOR PADA PENGOPERASIAN CONTAINER CRANE DI PELABUHAN**

Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Pada jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan , Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Dalam menyelesaikan *Skripsi* ini, dilaksanakan dengan berdasarkan teori-teori yang telah diperoleh dalam perkuliahan, studi literature dan bimbingan dari dosen pembimbing serta pihak lain yang telah memberi semangat dan bantuan baik secara moril ataupun materil. Penulis menyadari bahwa masih banyak kesalahan dan kekurangan dalam penyusunan dan pembuatan buku laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun sehingga bermanfaat bagi kesempurnaan dan pengembangan lebih lanjut. Harapan dari penulis semoga *Skripsi* ini dapat bermanfaat bagi civitas akademika Teknik Sistem Perkapalan ITS pada khususnya dan para pembaca pada umumnya. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terima kasih yang mendalam kepada:

1. ALLAH SWT telah mendengarkan doa-doaku siang maupun malam hari.
2. Bapak, Ibu dan kakak saya atas doa-doa kalian kepada saya, sehingga berhasil kuliah di sini sampai akhirnya lulus.
3. Bp. Ir Sardono Sarwito, M.Sc, dan Adi Kurniawan, ST, MT. selaku dosen pembimbing *Skripsi* yang telah memberikan banyak inspirasi dan bimbingan tentang *Skripsi* ini.
4. Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan dan para dosen yang

telah mendidik dan memberi pengetahuan selama penulis menempuh pendidikan di Siskal.

5. Siti Nur fadilah terima kasih banyak sudah memberikan semangat yang tak ada henti-hentinya diwaktu saya mulai putus asa.
6. Teman-teman D3 teknik kelistrikan kapal Boy hendra waramory dan Fajar andik cahyono yang selalu berjuang bersama.
7. Teman-teman Lintas Jalur 2013 dan member MEAS yang sudah menginspirasi saya.

Semua pihak yang terkait, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Surabaya, 25 Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL_ID	i
HALAMAN JUDUL_EG	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Transformator	5
2.2. Kontruksi Transformator.....	5
2.3. Prinsip Kerja Transformator	9
2.4. Jenis – jenis transformator	11
2.5. Arus Starting Transformator	18
2.6. Motor Listrik.....	19
2.7. Masalah Pada Saat Starting Motor Induksi.....	20
2.7.1.Direct On Line (DOL).....	21
2.7.2.Wye - Delta	22
2.7.3.Autotrafo	23
2.7.4.Soft Starter	24
2.8. Kapasitor Bank.	25
2.8.1.Perhitungan Kapasitor.....	27
2.9. ETAP (Electrical Transient Analysis Program).	27
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1. Umum	31
3.2. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	31
3.2.1.Identifikasi dan Rumusan Masalah	32
3.2.2.Studi Literatur	32

3.2.3. Pengumpulan Data	33
3.2.4. Pembuatan Program	33
3.2.5. Simulasi Software	33
3.2.6. Analisa dan Pembahasan.....	33
3.2.7. Kesimpulan dan Saran.....	33
3.2.8. Dokumentasi	34
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Spesifikasi Peralatan	35
4.2 Gambar One Line.....	38
4.3 Langkah Pembuatan Program ETAP 12.6	39
4.4 Langkah <i>Running</i> Program ETAP 12.6	48
4.5 Hasil Simulasi Arus Transformator 800kVA Dari Program ETAP 12.6.....	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1. Kesimpulan	69
5.2. Saran	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Perubahan Energi Listrik	5
Gambar 2.2 Prinsip Kerja Transformator	9
Gambar 2.3 Skema Lilitan Primer dan Sekunder	10
Gambar 2.4 Transformator <i>Step Up</i>	11
Gambar 2.5 Transformator <i>Step Down</i>	11
Gambar 2.6 <i>Auto</i> - Transformator	12
Gambar 2.7 <i>Auto</i> – Transformator Variable.....	13
Gambar 2.8 Transformator Hubungan Bintang - Bintang....	14
Gambar 2.9 Transformator Hubungan Delta - Delta.....	15
Gambar 2.10 Transformator Hubungan Bintang - Delta.....	16
Gambar 2.11 Transformator Hubungan Delta - Bintang.....	17
Gambar 2.12 Transformator Hubungan Zig - Zag	18
Gambar 2.13 Arus <i>Starting</i>	19
Gambar 2.14 Jenis Motor Listrik	19
Gambar 2.15 Rangkaian <i>Direct On Line System</i>	21
Gambar 2.16 Rangkaian Wye - Delta <i>System</i>	22
Gambar 2.17 Rangkaian Autotrafo	23
Gambar 2.18 Rangkaian Soft Starter.....	24
Gambar 2.19 Kapasitor Bank	26
Gambar 2.20 Power Factor.....	27
Gambar 2.21 Menu Bar Standart ANSI & IEC.....	29
Gambar 2.22 Tampilan Window Program ETAP 12.6	30
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> proses pengerjaan tugas Akhir	32
Gambar 4.1 <i>One line</i> sistem kelistrikan <i>Container Crane</i> ...	38
Gambar 4.2 Icon Program ETAP 12.6	39
Gambar 4.3 Program ETAP 12.6	39
Gambar 4.4 <i>New Project</i> Program ETAP 12.6.....	40
Gambar 4.5 Penentuan Standart Program ETAP 12.6	40
Gambar 4.6 Parameter Yang Diisi Pada Generator.....	41
Gambar 4.7 Parameter Yang Diisi Pada Bus 1.....	42
Gambar 4.8 Parameter Yang Diisi Pada Trafo 3 Winding ...	42
Gambar 4.9 Parameter Yang Diisi Pada Bus 5.....	43
Gambar 4.10 Parameter Yang Diisi Pada Motor Boom	43
Gambar 4.11 Parameter Yang Diisi Pada Transformator 2..	44
Gambar 4.12 Parameter Yang Diisi Pada Bus 6.....	44
Gambar 4.13 Parameter Yang Diisi Pada Motor Trolley	45

Gambar 4.14 Parameter Yang Diisi Pada Bus 4.....	45
Gambar 4.15 Parameter Yang Diisi Pada Motor Hoist	46
Gambar 4.16 Parameter Yang Diisi Pada Transformator 3..	46
Gambar 4.17 Parameter Yang Diisi Pada Bus 72.....	47
Gambar 4.18 Parameter Yang Diisi Pada Motor Gantry	47
Gambar 4.19 <i>One Line Container Crane</i> ETAP 12.6	48
Gambar 4.20 <i>Motor Acceleration Analysis</i>	48
Gambar 4.21 Settingan Waktu Operasional Motor	49
Gambar 4.22 <i>Run Dyanamic Motor Starting</i>	49
Gambar 4.23 <i>Running Program</i> ETAP 12.6.....	49
Gambar 4.24 Grafik Arus Motor Gantry	53
Gambar 4.25 Grafik Arus Motor Boom	55
Gambar 4.26 Grafik Arus Motor Trolley	59
Gambar 4.27 Grafik Arus Motor Hoist	62
Gambar 4.28 Grafik Arus Motor Hoist dengan Kapasitor ...	67

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Kondisi Operasional Motor Gantry.....	50
Tabel 4.2 Kondisi Operasional Motor Boom	54
Tabel 4.3 Kondisi Operasional Motor Trolley	56
Tabel 4.4 Kondisi Operasional Motor Hoist	60
Tabel 4.5 Kondisi Operasional Motor Hoist Perbaikan	64

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki lebih dari 17.000 pulau dengan dua pertiga wilayahnya adalah perairan dan terletak pada lokasi yang strategis karena berada di persilangan rute perdagangan dunia. Oleh karena itu sangat membutuhkan angkutan yang menghubungkan satu pulau dengan yang lain. Angkutan yang diinginkan memiliki kriteria cepat, murah dan efisien dalam menunjang pergerakan manusia dan barang. Angkutan laut merupakan salah satu alternatif yang ada. Sehingga peran pelabuhan dalam mendukung pertumbuhan ekonomi maupun mobilitas sosial dan perdagangan sangat besar.

Untuk menunjang pergerakan manusia dan barang maka dibutuhkan sarana dan prasarana yang baik. Sarana berupa kapal penumpang maupun kapal barang, sedangkan prasarana yang dibutuhkan berupa pelabuhan. Pengertian pelabuhan adalah suatu tempat di mana kapal berlabuh melakukan aktivitasnya baik menaik turunkan penumpang dan atau bongkar muat barang. Salah satu fasilitas bongkar muat adalah *crane*. Salah satu pelabuhan yang menggunakan fasilitas *crane* adalah pelabuhan NILAM PELINDO III.

Pada proses bongkar muat menggunakan *crane* biasanya disuplai menggunakan daya dari PLN atau generator yang disediakan oleh pihak pelabuhan. Dalam operasionalnya crane membutuhkan transformator untuk mengatur tegangan sesuai dengan spesifikasi tegangan pada motor-motor listrik yang digunakan. Dalam pengoperasian transformator timbulnya arus starting pada saat pembebanan motor-motor listrik.

Pada pelabuhan NILAM ini menggunakan power suplai generator dan pembebanan motor-motor listrik induksi 3 fasa

sehingga dari sumber tegangan generator di step down untuk menyesuaikan rating tegangan sesuai dengan spesifikasi peralatan motor listrik yang digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan utama yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik arus *starting* dan juga arus pada kondisi *steady state transformer* pada saat pembebanan setiap motor listrik *container crane*?
2. Bagaimana dampak arus *starting* dan juga arus pada kondisi *steady state transformer* pada saat pembebanan setiap motor listrik *container crane*?
3. Bagaimana menurunkan arus *starting transformer* pada saat pembebanan setiap motor listrik *container crane*?

1.3 Batasan Masalah

Untuk lebih menfokuskan permasalahan yang akan di analisa penelitian tugas akhir ini, maka akan dibatasi permasalahannya sebagai berikut :

- a. Hanya difokuskan arus *starting* dan juga arus pada kondisi *Steady state* pada *transformator* 800 kVA pada saat pembebanan.
- b. Pembebanan pada *transformator* dianggap *balance*

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik arus *starting* dan juga arus pada kondisi *steady state transformer* pada saat pembebanan setiap motor listrik *container crane*
2. Mengetahui dampak arus *starting* dan juga arus pada kondisi *steady state transformer* pada saat pembebanan setiap motor listrik *container crane*

3. Mengetahui cara menurunkan arus *starting transformer* pada saat pembebanan setiap motor listrik *container crane*

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah mengetahui simulasi dan dampak arus *starting* dan arus pada saat kondisi *steady state transformer* pada setiap pembebanan motor-motor listrik *container crane*. Serta sebagai referensi untuk mengembangkan simulasi sistem tenaga pada *container crane*.

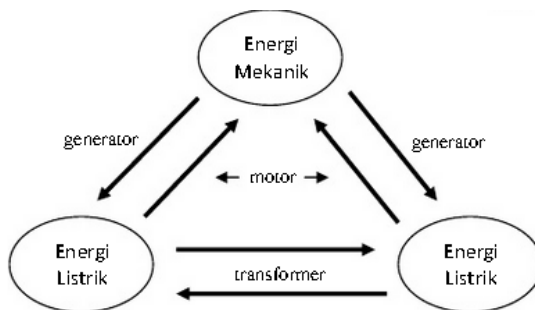
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Transformator

Transformator adalah alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian yang lain, menaikkan atau menurunkan tegangan listrik melalui suatu gandingan magnet dengan prinsip induksi elektromagnetik.



Gambar 2.1 Skema perubahan energi listrik
(Laporan listrik perkapalan)

2.2 Kontruksi transformator

Transformator terdiri dari :

- Bagian utama :

1. Inti besi

Inti besi pada transformator berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Dibat dari lempengan-lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh arus eddy.

2. Kumparan transformator

Adalah beberapa lilitan kawat berisolasi yang membentuk suatu kumparan. Kumparan tersebut terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap antar kumparan dengan isolasi padat seperti karton, pertinak dan lain-lain. Kumparan tersebut sebagai alat transformasi tegangan dan arus.

Besarnya arus yang mengalir melalui kumparan pada transformator dapat dihitung.

$$I_{Ls} = \frac{P_{out \text{ trafo}}}{\sqrt{3} \cdot V_{Ls} \cdot \cos \varphi} \quad (2.1)$$

Dengan :

I_{Ls} : Arus line sekunder (A)

P_{out} : Daya keluaran transformator (W)

V_{Ls} : Tegangan sekunder (V)

$\cos \varphi$: Faktor daya

$P_{in} = P_{out} + \text{Rugi-rugi}$

Dengan :

P_{in} : Daya masuk (W)

P_{out} : Daya keluar (W)

Pada transformator terdapat luas penampang yang dapat mempengaruhi nilai dari kerapatan arus. Dimana kerapatan arus dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$\delta = \frac{I}{A} \quad (2.2)$$

Dengan : δ : Rapat arus (A/mm²)

I : Besarnya arus (A)

A : Luas penampang (mm²)

3. Minyak Transformator

Sebagian besar kumparan-kumparan dan inti trafo tenaga direndam dalam minyak trafo, terutama trafo-trafo tenaga yang

berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai isolasi dan media pemindah, sehingga minyak trafo tersebut berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi.

4. Bushing

Hubungan antara kumparan trafo ke jaringan luar melalui sebuah bushing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki trafo.

5. Tangki-Konservator

Pada umumnya bagian-bagian dari trafo yang terendam minyak trafo berada (ditempatkan) dalam tangki. Untuk menampung pemuaian minyak trafo, tangki dilengkapi dengan konservator.

▪ Peralatan bantu

1. Pendingin

Pada inti besi dan kumparan-kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi besi dan rugi-rugi tembaga. Bila panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan, akan merusak isolasi (di dalam transformator). Maka untuk mengurangi kenaikan suhu transformator yang berlebihan maka perlu dilengkapi dengan alat/ sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar transformator

Pada cara alamiah (natural), pengaliran media sebagai akibat adanya perbedaan suhu media dan untuk mempercepat perpindahan panas dari media tersebut ke udara luar diperlukan bidang perpindahan panas yang lebih luas antara media (minyak-udara/gas), dengan cara melengkapi transformator dengan sirip-sirip (Radiator).

Bila diinginkan penyaluran panas yang lebih cepat lagi, cara natural/alamiah tersebut dapat dilengkapi dengan peralatan untuk mempercepat sirkulasi media pendingin dengan pompa-pompa sirkulasi minyak, udara dan air. Cara ini disebut pendingin paksa (Forced).

2. Tap Changer (Perubahan tap)

Tap changer adalah alat perubah perbandingan transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang lebih baik (diinginkan) dari tegangan jaringan / primer yang berubah-ubah. Tap changer yang hanya bisa beroperasi untuk memindahkan tap transformator dalam keadaan transformator tidak berbeban disebut “Off Load Tap Changer” dan hanya dapat dioperasikan manual.

3. Alat Pernapasan

Karena pengaruh naik turunnya beban transformator maupun suhu udara luar, maka suhu minyak pun akan berubah-ubah mengikuti keadaan tersebut.

Bila suhu minyak tinggi, minyak akan memuai dan mendesak udara di atas permukaan minyak keluar dari tangki, sebaliknya apabila suhu minyak turun, minyak menyusut maka udara luar akan masuk ke dalam tangki. Kedua proses di atas disebut pernapasan transformator.

Akibat pernapasan transformator tersebut maka permukaan minyak akan selalu bersinggungan dengan udara luar. Udara luar yang lembab akan menurunkan nilai tegangan tembus minyak transformator, maka untuk mencegah hal tersebut, pada ujung pipa penghubung udara luar dilengkapi dengan alat pernapasan, berupa tabung kaca berisi kristal zat hygroskopis sehingga dapat dilihat warnanya yang biasa disebut juga sebagai silicagel, dimana silicagel ini sebagai pengontrol kelembaban dan dapat berubah warna tergantung dari kadar kelembaban transformator.

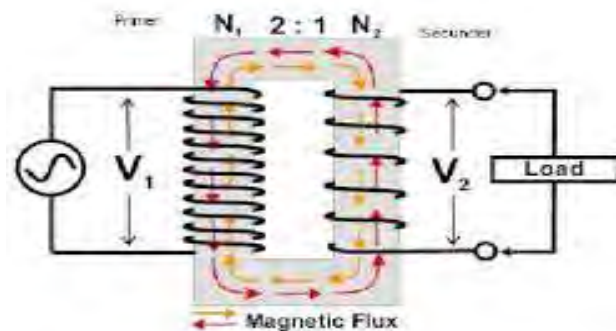
4. Indikator

Untuk mengawasi selama transformator beroperasi, maka perlu adanya indikator pada transformator sebagai berikut:

- Indikator suhu minyak
- Indikator permukaan minyak.
- Indikator kedudukan tap.

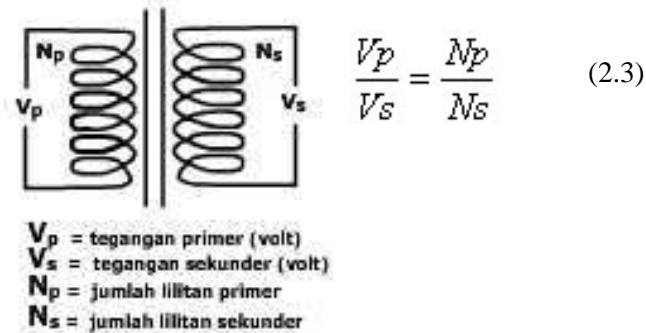
2.3 Prinsip kerja transformator

Prinsip kerja dari sebuah transformator Ketika Kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, perubahan arus listrik pada kumparan primer menimbulkan medan magnet. Medan magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi dan di hantarkan inti besi ke kumparan sekunder, sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul ggl induksi. Efek ini dinamakan induktansi timbal-balik (*mutual inductance*). Pada skema transformator di bawah ini, ketika arus listrik dari sumber tegangan yang mengalir pada kumparan primer berbalik arah (berubah polaritasnya) medan magnet yang dihasilkan akan berubah arah sehingga arus listrik yang dihasilkan pada kumparan sekunder akan berubah polaritasnya.



Gambar 2.2 Prinsip kerja transformator
(Laporan listrik perkapalan)

Hubungan antara tegangan primer, jumlah lilitan primer, tegangan sekunder, dan jumlah lilitan sekunder, dapat dinyatakan dalam persamaan:



Gambar 2.3 Skema lilitan Primer dan Sekunder
(Laporan listrik perkapalan)

Pada transformator (trafo) besarnya tegangan yang dikeluarkan oleh kumparan sekunder adalah:

1. Sebanding dengan banyaknya lilitan sekunder ($V_s \sim N_s$).
2. Sebanding dengan besarnya tegangan primer ($V_s \sim V_p$).
3. Berbanding terbalik dengan banyaknya lilitan primer,

$$\left(V_s \sim \frac{1}{N_p} \right) \text{ Sehingga dapat dituliskan : } V_s = \frac{N_s}{N_p} \times V_p$$

Efisiensi trafo:

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100\% \quad (2.4)$$

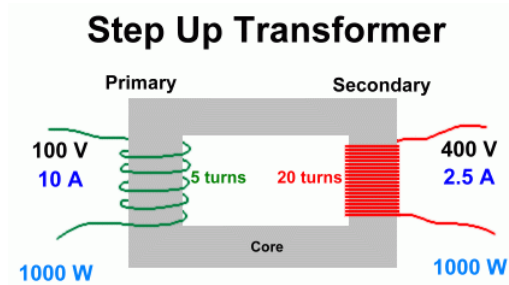
Dimana ;

P_s = Daya sekunder

P_p = Daya primer

2.4 Jenis – jenis transformator

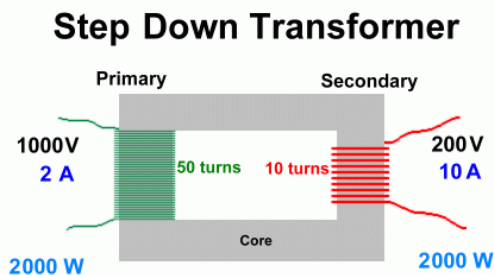
1) Transformator Step-Up



Gambar 2.4. Tranformator *step up*
(Laporan listrik perkapalan)

Transformator *step-up* adalah transformator yang memiliki lilitan sekunder lebih banyak daripada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penaik tegangan. Transformator ini biasa digunakan pada pembangkit tenaga listrik sebagai penaik tegangan yang digunakan dalam proses transmisi listrik tegangan tinggi jarak jauh.

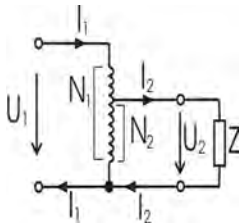
2) Transformator Step-Down



Gambar 2.5. Tranformator *step-down*
(Laporan listrik perkapalan)

Transformator step-down memiliki lilitan sekunder lebih sedikit daripada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penurun tegangan. Transformator jenis ini sangat mudah ditemui, terutama dalam adaptor AC-DC.

3) Auto-Transformator

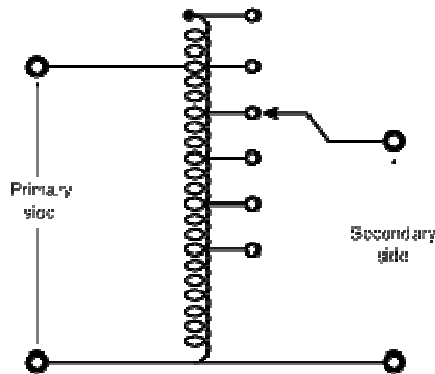


Gambar 2.6. *Auto - Transformator*
(Laporan listrik perkapalan)

Ini merupakan jenis trafo yang hanya memiliki 1 kumparan listrik. Uniknya, sebagai lilitan pada kumparan berfungsi sebagai lilitan primer dan sebagian lagi berfungsi sebagai lilitan sekunder. Trafo ini biasanya digunakan untuk meningkatkan tegangan listrik sebanyak (maksimal) 1,5 kali lipat. Jenis trafo ini banyak dipilih karena bentuknya lebih kecil dan ringkas. Namun bentuk kecil dan kumparan yang berjumlah 1 ini membawa kerugian tersendiri bagi penggunaan trafo jenis ini, yakni tidak adanya kemampuan untuk mengisolasi listrik antara lilitan kumparan primer dan sekunder.

4) Autotransformator variable

Autotransformator variabel sebenarnya adalah autotransformator biasa yang sadapan tengahnya bisa diubah-ubah, memberikan perbandingan lilitan primer-sekunder yang berubah-ubah.



Gambar 2.7. *Auto – Transformator variable*
(Laporan listrik perkapalan)

5) Transformator isolasi

Transformator isolasi memiliki lilitan sekunder yang berjumlah sama dengan lilitan primer, sehingga tegangan sekunder sama dengan tegangan primer. Tetapi pada beberapa desain, gulungan sekunder dibuat sedikit lebih banyak untuk mengkompensasi kerugian. Transformator seperti ini berfungsi sebagai isolasi antara dua kalang. Untuk penerapan audio, transformator jenis ini telah banyak digantikan oleh kopling kapasitor.

6) Transformator pulsa

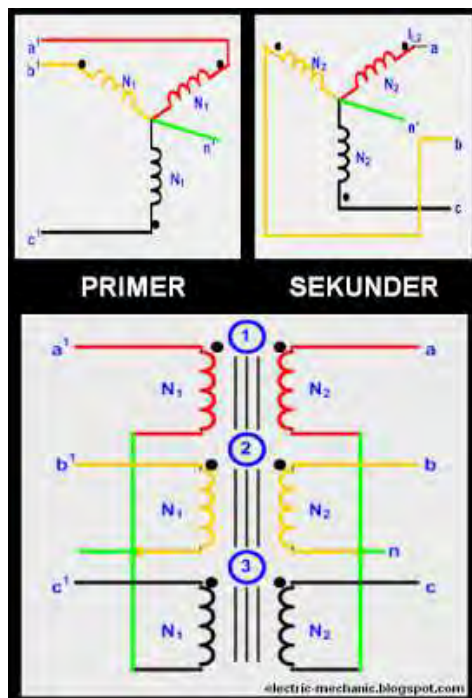
Transformator pulsa adalah transformator yang didesain khusus untuk memberikan keluaran gelombang pulsa. Transformator jenis ini menggunakan material inti yang cepat jenuh sehingga setelah arus primer mencapai titik tertentu, fluks magnet berhenti berubah. Karena GGL induksi pada lilitan sekunder hanya terbentuk jika terjadi perubahan fluks magnet, transformator hanya memberikan keluaran saat inti tidak jenuh, yaitu saat arus pada lilitan primer berbalik arah.

7) Transformator 3 fasa

Transformator 3 fasa sama halnya dengan 3 buah transformator 1 fasa 3 buah tetapi dalam transformator 3 fasa pada sisi kumparan primer dan sekunder mempunyai metode rangkaian sebagai berikut :

1. Trafo 3 fasa Hubung Bintang Bintang (Y-Y)

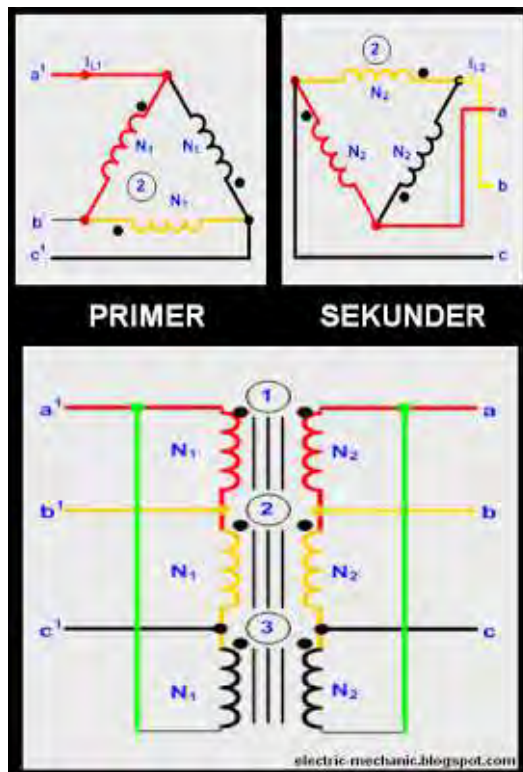
Pada jenis ini ujung ujung pada masing masing terminal dihubungkan secara bintang. Titik netral dijadikan menjadi satu. Hubungan dari tipe ini lebih ekonomis untuk arus nominal yang kecil, pada transformator tegangan tinggi.



Gambar 2.8. Transformator hubungan bintang - bintang
(<http://electric-mechanic.blogspot.com>)

2. Trafo Hubung Segitiga-Segitiga ($\Delta - \Delta$)

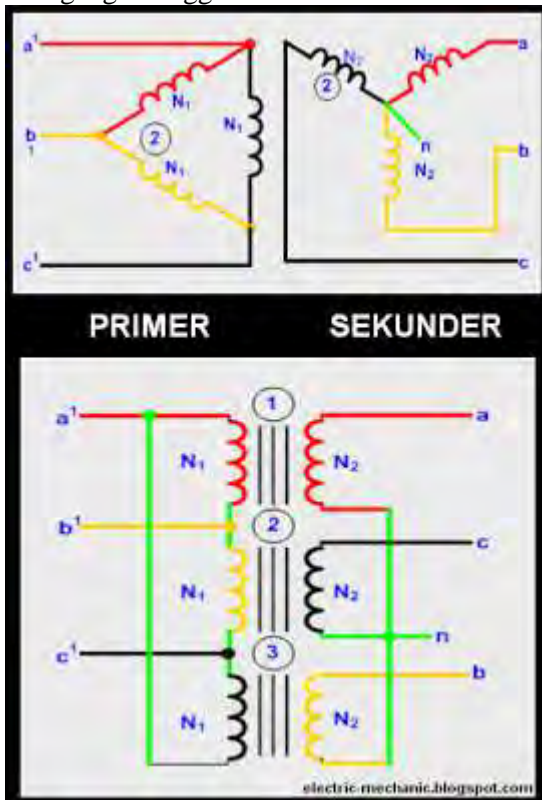
Pada jenis ini ujung fasa dihubungkan dengan ujung netral kumparan lain yang secara keseluruhan akan terbentuk hubungan delta/ segitiga. Hubungan ini umumnya digunakan pada sistem yang menyalurkan arus besar pada tegangan rendah dan yang paling utama saat keberlangsungan dari pelayanan harus dipelihara meskipun salah satu fasa mengalami kegagalan.



Gambar 2.9. Transformator hubungan delta – delta
(<http://electric-mechanic.blogspot.com>)

4. Trafo Hubungan Segitiga Bintang (Δ - Y)

Pada hubung ini, sisi primer trafo dirangkai secara delta sedangkan pada sisi sekundernya merupakan rangkaian bintang sehingga pada sisi sekundernya terdapat titik netral. Biasanya digunakan untuk menaikkan tegangan (Step -up) pada awal sistem transmisi tegangan tinggi.

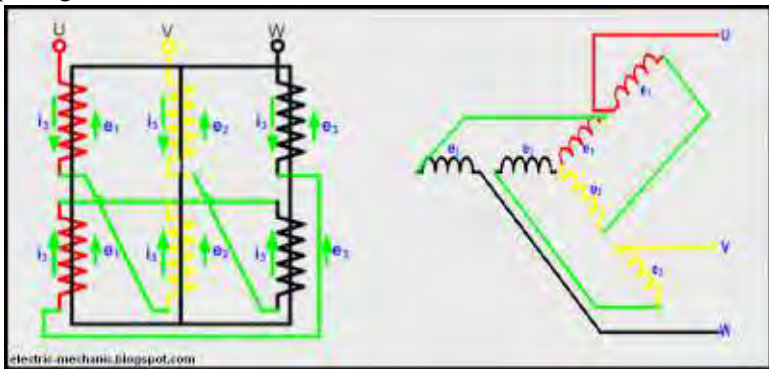


Gambar 2.11. Transformator hubungan delta– bintang
(<http://electric-mechanic.blogspot.com>)

5. Transformator hubungan zig zag

Kebanyakan transformator distribusi selalu dihubungkan bintang, salah satu syarat yang harus dipenuhi oleh transformator tersebut adalah ketiga fasanya harus diusahakan seimbang. Apabila beban tidak seimbang akan menyebabkan timbulnya tegangan titik bintang yang tidak diinginkan, karena tegangan pada peralatan yang digunakan pemakai akan berbeda-beda. Untuk menghindari terjadinya tegangan titik bintang, diantaranya adalah dengan menghubungkan sisi sekunder dalam hubungan Zigzag.

Dalam hubungan Zig-zag sisi sekunder terdiri atas enam kumparan yang dihubungkan secara khusus seperti ditunjukkan pada gambar 2.12

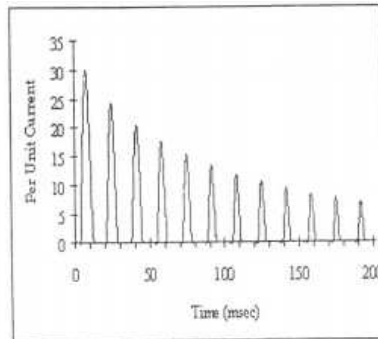


Gambar 2.12. Transformator hubungan zig zag
(<http://electric-mechanic.blogspot.com>)

2.5 Arus starting transformator

Istilah arus *starting*, dapat diartikan sebagai arus datang tiba-tiba atau arus kejut, dengan magnitude yang besar tetapi bukan merupakan arus gangguan. Meskipun arus *starting* bukan merupakan arus gangguan, tetapi keberadaannya juga dapat menginterupsi operasi dari transformator, yang dapat drop tegangan pada saat arus *starting*. Penyebab timbulnya arus *starting* pada saat transformator *energize* pertama kali

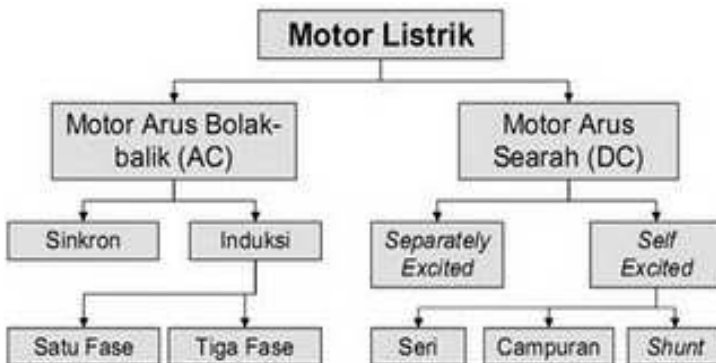
mengakibatkan perubahan fluks seketika pada inti transformator dan juga *switching* beban motor-motor listrik pada saat operasional.



Gambar 2.13. Arus *Starting*
(Seminar national teknoin 2010. FTI UII)

2.6 Motor Listrik

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energy listrik menjadi energy mekanik. Alat yang berfungsi sebaliknya, mengubah energy mekanik menjadi energy listrik disebut generator. Berikut ini jenis-jenis motor listrik.



Gambar 2.14 Jenis Motor Listrik
(Laporan listrik perkapalan)

Motor listrik AC adalah sebuah motor yang mengubah arus listrik menjadi energy gerak maupun mekanik dari pada rotor yang ada di dalamnya. Motor listrik AC tidak terpengaruh kutub positif maupun negative, dan bersumber tenaga listrik, sedangkan berdasarkan sumber daya nya, motor listrik AC dibedakan menjadi 2, yaitu sumber daya sinkron dan sumber daya induksi.

Motor yang menggunakan sumberdaya sinkron, juga bisa disebut sebagai motor serempak. Prinsip kerja motor sinkron ialah, alur listrik yang mengalir dari sumber langsung menuju medan magnetogen yang ada di dalam motor. Pada mesin tipe ini, medan magnet diletakkan pada stator (disebut generator kutub eksternal/ external pole generator), namun seiring perkembangan model tipe ini mulai ditinggalkan karena bisa membuat slip atau kerusakan pada motor dan permasalahan pada pembangkit daya tinggi.

Motor listrik yang menggunakan sumberdaya induksi ini paling banyak digunakan dan di kembangkan. Penanamannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke statornya, dimana arus motor ini bukan berasal dari sumber tegangan tertentu, tapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relative antara putaran rotor dengan medan putar (rotating magnetic field) yang dihasilkan oleh arus stator. Pada dasarnya motor induksi ini bekerja pada medan elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotor. Karena kumparan stator merupakan rangkaian tertutup, maka akan mengalir arus listrik di kumparan stator, dan ini akan menimbulkan gaya Lorentz yang cenderung akan menggerakkan kumparan rotor sesuai arah gaya Lorentz tersebut.

2.7 Masalah pada saat starting motor induksi

Masalah pada saat *starting* motor induksi yang umum menjadi perhatian adalah pada motor – motor induksi tiga fasa yang memiliki kapasitas yang besar. Untuk menghasilkan torsi

start yang cukup, motor induksi membutuhkan arus *starting* yang cukup besar yang mencapai 5 hingga 7 kali arus nominal motor.

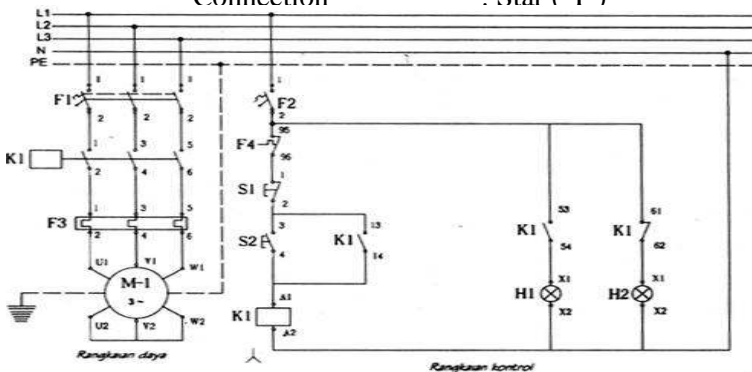
Ada beberapa metode *starting motor* yang dapat dilakukan untuk mengatasi arus *start* yang besar, beberapa diantaranya adalah :

1. Direct On Line (DOL)
2. Wye – Delta
3. Autotrafo
4. Soft Starter

2.7.1 Direct On Line (DOL)

Dinamakan *Direct On Line* karena menghubungkan langsung antara sumber dengan beban. Sedangkan sumber tegangannya adalah menggunakan sistem 3 phase dengan netral dihubungkan pada titik bintang. Motor listrik ini biasanya mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Ratet Daya	: 1 sampai 5 KW
Ratet Tegangan	: 220 / 380 Volt
Ratet Frekuensi	: 50 / 60 Hz
$\cos \alpha$: 0,6 sampai 0,8
Connection	: Star (Y)

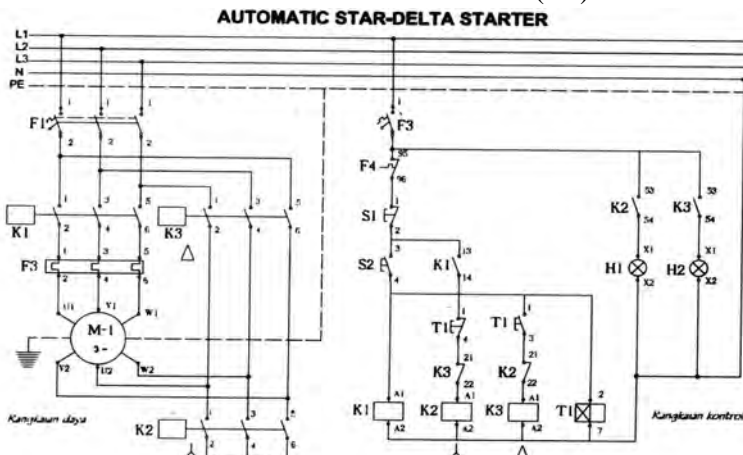


Gambar 2.15 Rangkaian *Direct On Line System*
(Modul praktikum kontrol dan proteksi motor, PPNS)

2.7.2 Wye – Delta

Sistem ini sangat tepat, efektif dan sering dipakai dalam aplikasi di industri darat maupun di industri maritim. Pada mulanya pengasut menghubungkan kumparan stator dan membuat motor dihubung star/ bintang, sehingga arus start dapat direduksi dan setelah mencapai percepatan, hubungan star dari kumparan stator berubah ke hubungan delta untuk operasi selanjutnya. Selanjutnya pemakaian ini dapat mengurangi arus start sampai $\frac{1}{3}$ (sepertiga), dibandingkan bila menggunakan sistem Direct On Line (DOL) akan tetapi kopelnya juga berkurang $\frac{1}{3}$ (sepertiga). Motor listrik ini biasanya mempunyai data spesifikasi sebagai berikut

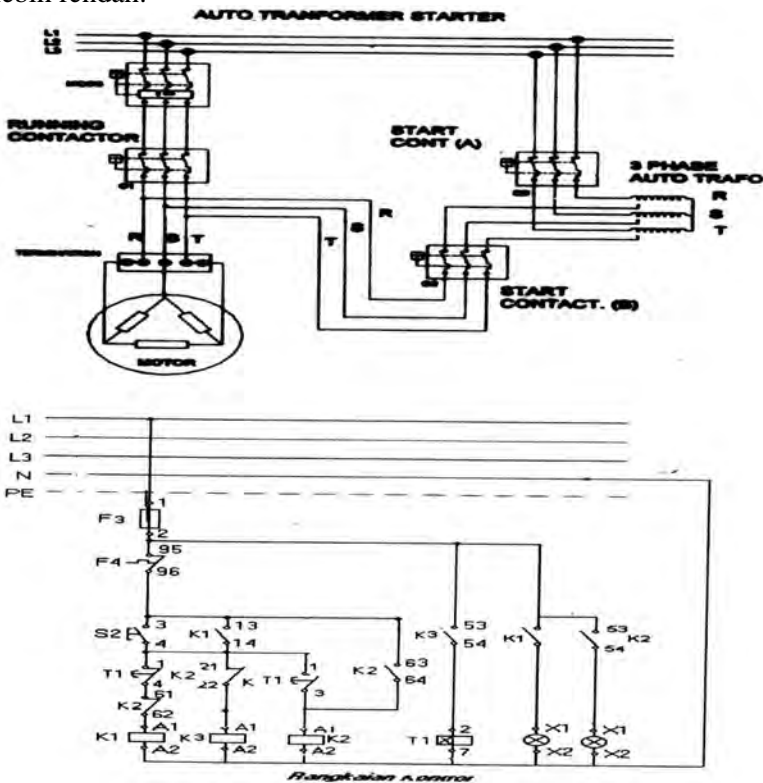
Rated Daya	: 1 sampai 15 kw
Rated Tegangan	: 220 / 380 volt
Rated Frekuensi	: 50 / 60 Hz
Rated Ampere	: 5 samapai 25 A
cos Φ	: 0,6 sampai 0,8
Connection	: star (Y)



Gambar 2.16 Rangkaian Wye – Delta System
(Modul praktikum kontrol dan proteksi motor, PPNS)

2.7.3 Autotrafo

Sebuah pengasutan Autotrafo memakai prinsip dari Autotrafo yang bertindak mengurangi tegangan terhadap sebuah motor. Pada saat motor diasut lilitan primer Autotranfo tiga phase dihubungkan ke saluran suplay dan lilitan sekunder dihubungkan ke motor. Sebuah pengasut Autotrafo secara khusus cocok untuk motor-motor berdaya tinggi. Pengasutan ini menyediakan torsi asut yang tinggi dengan puncak arus yang lebih rendah.

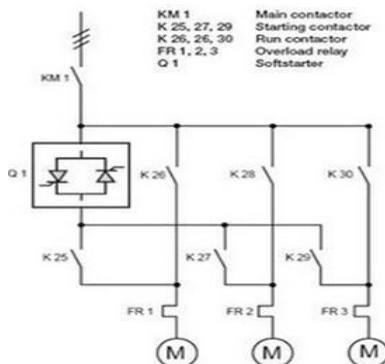


Gambar 2.17 Rangkaian Autotrafo
(Modul praktikum kontrol dan proteksi motor, PPNS)

2.7.4 Soft Starter

Soft starter sangat berbeda dengan starter lain. Alat ini mempergunakan thyristor sebagai komponen utamanya. Tegangan yang masuk ke motor akan diatur dimulai dengan sangat rendah sehingga arus dan torsi saat start juga rendah. Pada saat start ini tegangan yang masuk hanya cukup untuk menggerakkan beban dan akan menghilangkan kejutan pada beban. Secara perlahan tegangan dan torsi akan dinaikan sehingga motor akan mengalami percepatan sehingga tercapai kecepatan normal. Salah satu keuntungan mempergunakan alat ini adalah kemungkinan dilakukannya pengaturan torsi pada saat yang diperlukan, tidak terpengaruh ada atau tidaknya beban.

Soft starter dipergunakan untuk mengatur/ memperhalus start dari elektrik motor. Prinsip kerjanya adalah dengan mengatur tegangan yang masuk ke motor. Pertama-tama motor hanya diberikan tegangan yang rendah sehingga arus dan torsi pun juga rendah. Pada level ini motor hanya sekedar bergerak perlahan dan tidak menimbulkan kejutan. Selanjutnya tegangan akan dinaikkan secara bertahap sampai ke nominal tegangannya dan motor akan berputar dengan dengan kondisi RPM yang nominal.



Gambar 2.18 Rangkaian Soft Starter

(<http://almon-r.blogspot.co.id/metode-starting-motor-induksi>)

Walaupun arus *start* yang besar tersebut hanya berlangsung dalam waktu yang cukup singkat, namun hal tersebut juga menyebabkan jatuh tegangan (*voltage drop*) sesaat yang disebut dengan *voltage dip*.

Voltage Dip Menurut IEEE Standard 1159-1995 mendefinisikan *Voltage Dip* sebagai penurunan tegangan antara 10% sampai 90% dari tegangan nominal dan berlangsung selama 0,5 siklus sampai satu menit. Efek yang merugikan akibat *voltage dip* ini meliputi :

1. Torsi yang bersifat *transient* yang dapat menyebabkan *stress* (tekanan) yang berlebih pada sistem mekanisnya.
2. Menghambat akselerasi (percepatan) putaran motor menuju kecepatan normal.
3. Kegagalan kerja dari peralatan – peralatan lainnya seperti *relay*, *contactor* dan menyebabkan *flicker* cahaya yang cukup mengganggu.

Untuk menjaga agar motor tetap beroperasi dan mencegah kegagalan kerja motor untuk mencapai kecepatan nominalnya, maka sebaiknya *voltage dip* tidak sampai di bawah 70% dari tegangan nominal. Ini dengan menganggap bahwa flicker cahaya bukanlah suatu hal yang mengganggu. Namun, jika faktor kualitas operasional dan pelayanan adalah hal yang utama, maka batasan *voltage dip* yang diizinkan adalah 10%.

2.8 Kapasitor bank

Kapasitor Bank merupakan peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang terdiri sekumpulan beberapa kapasitor yang disambung secara parallel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif tertentu. Besaran parameter yang sering dipakai adalah KVAR (Kilovolt ampere reaktif) meskipun pada kapasitor sendiri tercantum besaran kapasitansi yaitu Farad atau microfarad.

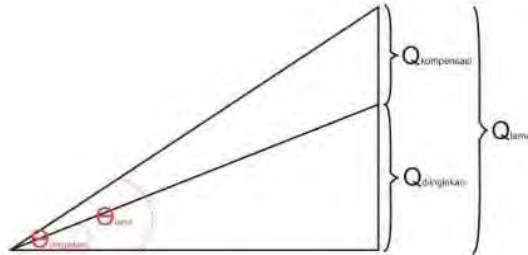
Fungsi utama dari kapasitor bank yaitu sebagai penyeimbang beban induktif, Seperti yang kita ketahui beban listrik terdiri dari beban reaktif (R), induktif (L) dan kapasitif (C). Dimana peralatan listrik yang sering digunakan dan dijumpai memiliki karakteristik induktif, sehingga untuk menyeimbangkan karakteristik beban tersebut perlu digunakan kapasitor yang berperan sebagai beban kapasitif. Berikut ini adalah beberapa kegunaan dari kapasitor bank:

1. Memerbaiki Power Factor (faktor daya)
2. Menyuplai daya reaktif sehingga memaksimalkan penggunaan daya kompleks (KVA)
3. Mengurangi jatuh tegangan (Voltage drop)
4. Menghindari kelebihan beban transformer
5. Memberikan tambahan daya tersedia
6. Menghindari kenaikan arus/suhu pada kabel
7. Menghemat daya / efisiensi
8. Mengawetkan instalasi & Peralatan Listrik
9. Kapasitor bank juga mengurangi rugi – rugi lainnya pada instalasi listrik



Gambar 2.19 Kapasitor bank
(tjptadiesel.com)

2.8.1 Perhitungan kapasitor



Gambar 2.20 Power Factor
(Training ETAP basic, Elektro ITS)

$$\tan \theta = \frac{Q}{P} \quad (2.5)$$

$$\tan (\arccos \theta) = \frac{Q}{P}$$

$$Q = \tan(\arccos \theta) \times P$$

Sehingga :

$$Q_{kompensasi} = Q_{lama} - Q_{diinginkan}$$

$$= [P \times \tan(\arccos \theta_{lama})] - [P \times \tan(\arccos \theta_{diinginkan})]$$

$$= P \times [\tan(\arccos \theta_{lama}) - \tan(\arccos \theta_{diinginkan})]$$

2.9 ETAP (Electrical Transient Analysis Program) PowerStation

PowerStation adalah software untuk power system yang bekerja berdasarkan plant (project). Setiap plant harus menyediakan modelling peralatan dan alat - alat pendukung yang berhubungan dengan analisa yang akan dilakukan. Misalnya generator, data motor, data kabel dll. Sebuah plant terdiri dari sub-sistem kelistrikan yang membutuhkan sekumpulan komponen elektrik yang khusus dan saling berhubungan. Dalam

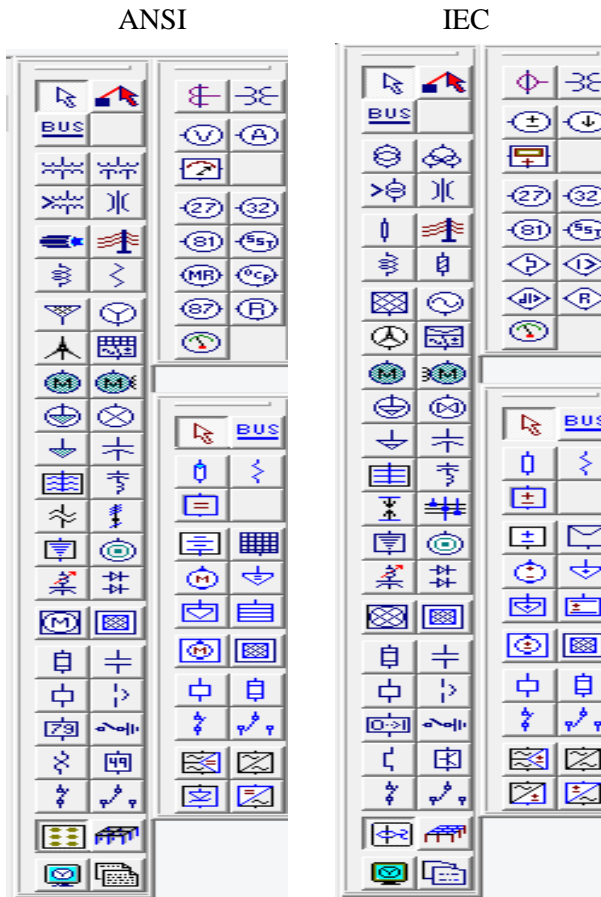
PowerStation, setiap plant harus menyediakan data base untuk keperluan itu.

ETAP PowerStation dapat melakukan penggambaran single line diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisa/studi yakni *Load Flow* (aliran daya), *Short Circuit* (hubung singkat), *motor starting*, *harmonics power systems*, *transient stability*, dan *protective device coordination*.

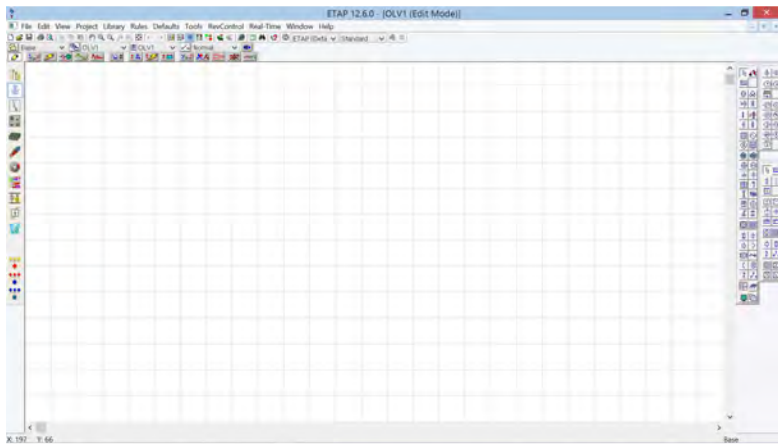
ETAP PowerStation juga menyediakan fasilitas Library yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. Library ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan bila perlu. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan ETAP PowerStation adalah :

- **One Line Diagram**, menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
- **Library**, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang detail/lengkap dapaty mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisa.
- **Standar yang dipakai**, biasanya mengacu pada standar IEC atau ANSI, frekuensi sistem dan metode – metode yang dipakai. Perbedaan anatar standart IEC dan ANSI terletak pada standart frekuensi yang digunakan yang mengakibatkan perbedaan spesifikasi peralatan yang digunakan. Jika pada standart IEC nilai frekuensi yang digunakan adalah 50Hz, sedangkan standart ANSI nilai frekuensi yang digunakan adalah 60Hz
- **Study Case**, berisikan parameter – parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.

Berikut ini menu – menu bar dan tampilan window yang ada pada program ETAP 12.6 :



Gambar 2.21 Menu bar standart ANSI & IEC



Gambar 2.22 Tampilan window program ETAP 12.6

BAB III

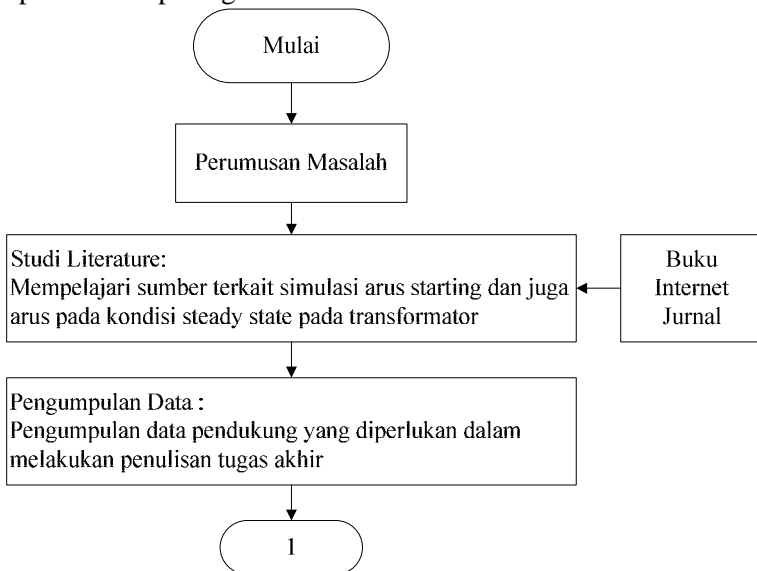
METODE PENELITIAN

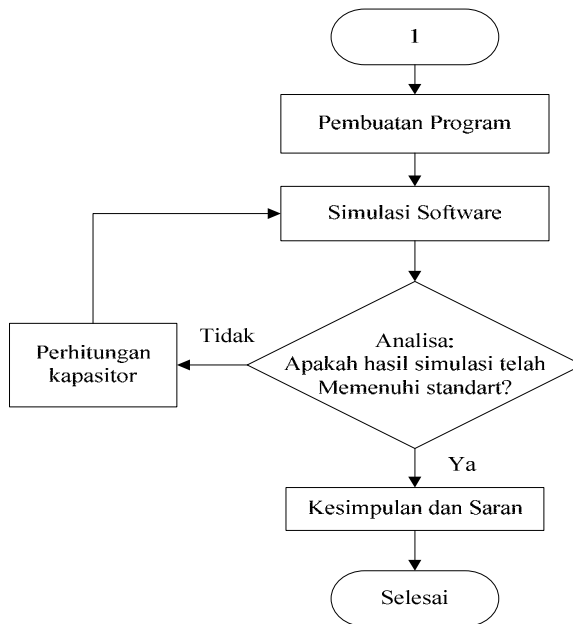
3.1 Umum

Metodologi penelitian adalah kerangka dasar dari tahapan penyelesaian tugas akhir. Metodologi penelitian diperlukan agar proses penelitian dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan, sehingga untuk memperoleh hasil yang maksimal diperlukan adanya langkah-langkah atau proses secara berurutan.

3.2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Untuk mengetahui proses pengerjaan tugas akhir dapat dilihat pada *flowchart*. Dengan *flowchart* maka proses pengerjaan tugas akhir lebih jelas dalam tahapan pengerjaan dan penyelesaian tugas akhir. *Flowchart* proses tugas akhir diperlihatkan pada gambar 3.1.





Gambar 3.1 *Flowchart* proses pengerjaan tugas akhir

3.2.1 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Tahap identifikasi dan rumusan masalah yaitu tentang dampak arus *starting* dan juga arus pada kondisi *steady state transformer* pada saat dibebankan motor-motor listrik

3.2.2 Studi Literatur

Tahapan selanjutnya adalah melakukan studi literatur dengan tujuan untuk merangkum teori dasar, acuan secara umum dan khusus, serta untuk memperoleh berbagai informasi pendukung lainnya yang berhubungan dengan pengerjaan tugas akhir ini. Studi literatur ini dapat diperoleh dari buku, jurnal, paper atau dari internet yang mendukung bahasan dari tugas akhir ini. Selain itu bisa juga dengan melakukan tanya jawab dengan pihak yang berkepentingan dan berkompeten pada bahasan ini.

3.2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pendukung untuk mengetahui data-data apa saja yang diperlukan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Adapun data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

- a. Data daya *transformator*.
- b. Data spesifikasi motor -motor listrik.
- c. Data daya generator.

3.2.4 Pembuatan Program

Tahapan selanjutnya adalah pembuatan program arus *starting* dan juga arus pada kondisi *steady state transformator* dilihat dari *switching* pembebanan motor-motor listrik secara bergantian sesuai dengan motor yang digunakan pada *container crane*.

3.2.5 Simulasi Software

Pada tahapan simulasi software menggunakan program ETAP 12.6 menggambarkan kondisi operasional pembebanan motor-motor listrik secara bergantian sesuai dengan motor yang digunakan pada *container crane*.

3.2.6 Analisa dan Pembahasan

Pada tahapan analisa dan pembahasan adalah menganalisa hasil yang di dapat dari simulasi hasil pemrograman tersebut. Apakah hasil dari simulasi tersebut telah memenuhi standart IEEE, jika tidak sesuai melakukan perhitungan kapasitor.

3.2.7 Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan analisa pembahasan dan pembuatan program, selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari analisa data yang sudah dilakukan dan memberikan saran atau rekomendasi yang relevan sebagai pertimbangan di waktu yang akan datang.

3.2.8 Dokumentasi

Seluruh tahapan penelitian di atas didokumentasikan ke dalam bentuk penulisan laporan tugas akhir dan sekaligus merupakan tahap penyempurnaan akhir penelitian yang dilakukan.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab empat ini, penulis menjelaskan mengenai simulasi arus starting dan juga arus pada kondisi steady state transformator akibat pembebanan motor – motor listrik 3 fasa menggunakan program ETAP 12.6.

4.1 Spesifikasi Peralatan

Dalam rancangan power system terdapat komponen-komponen yang berada di pelabuhan NILAM PELINDO III adalah sebagai berikut :

1. Generator

Generator listrik adalah sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Pada pelabuhan NILAM ini sistem *container crane* menggunakan daya dari generator 1250kVA

2. Transformator

Transformator atau trafo adalah alat yang memindahkan tenaga listrik antar dua rangkaian listrik atau lebih melalui induksi elektromagnetik. Pada system *container crane* di step down menggunakan transformator 1 output dari tegangan generator di step down untuk memenuhi rating tegangan motor boom dan hoist. Untuk spesifikasi transformator 1 adalah sebagai berikut :

Transformator 1	:800kVA
Tegangan Primer	:3,3 KV
Tegangan Sekunder	:460 V

Setelah di *step down* transformator 1 di *step down* kembali dengan transformator 2 untuk penyesuaian rating tegangan motor trolley. Untuk spesifikasi transformator 2 adalah sebagai berikut :

Transformator 2	:300kVA
Tegangan Primer	:460 V
Tegangan Sekunder	:440 V

Setelah di *step down* transformator 1 di *step down* kembali dengan transformator 3 untuk penyesuaian rating tegangan motor gantry. Untuk spesifikasi transformator 3 adalah sebagai berikut :

Transformator 3	:300kVA
Tegangan Primer	:460 V
Tegangan Sekunder	:440 V

Motor – motor listrik yang digunakan pada system container crane adalah motor induksi 3fasa, untuk spesifikasinya adalah sebagai berikut :

❖ Motor Main Hoist (AC MOTOR ABB)

Power	:315 kW
Current	:563 A
Rpm	:1500
Pole	:4
Torque(N_m)	:2021
Type	: M2BA 355 SMB
Jumlah	: 1 Unit

❖ Motor Boom (AC MOTOR ABB)

Power	:110 kW
Current	:200 A
Rpm	:1500
Pole	:4

Torque(N_m)	:706
Type	: M2BAT 315 SMA
Jumlah	: 1 Unit

❖ Motor Trolley (AC MOTOR ABB)

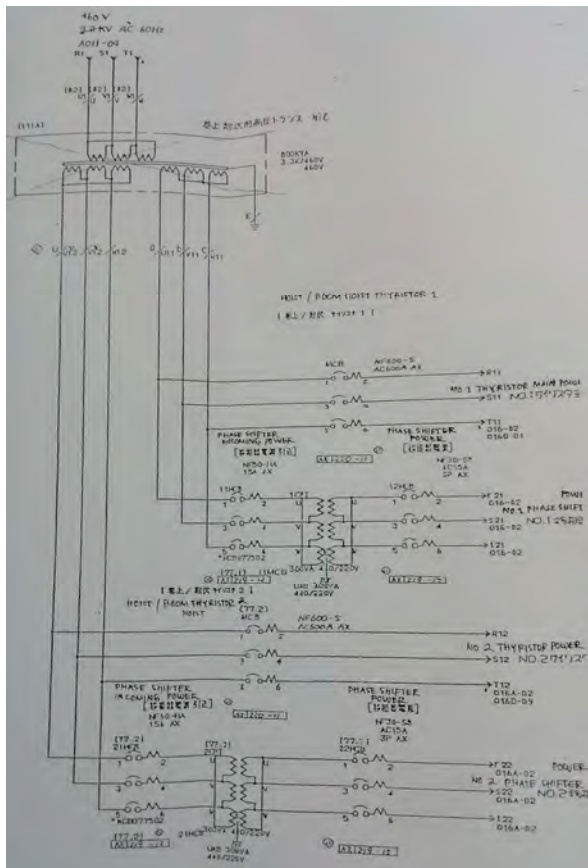
Power	:37 kW
Current	:57,5 A
Rpm	:1500
Pole	:4
Torque(N_m)	:239
Type	: M2BA 225 SMA
Jumlah	: 2 Unit

❖ Motor Gantry (AC MOTOR ABB)

Power	:15 kW
Current	:29,6 A
Rpm	:1500
Pole	:4
Torque(N_m)	:97,9
Type	: M2BA 160 MLB
Jumlah	: 8 Unit

4.2 Gambar One Line

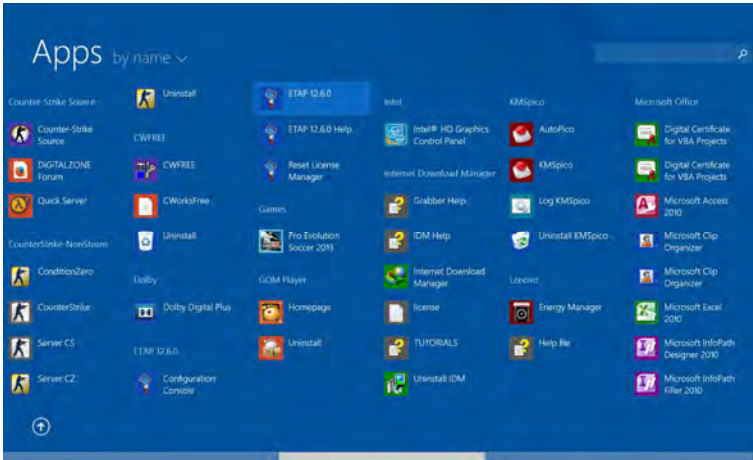
Dalam rancangan sistem tenaga listrik pada pelabuhan NILAM PELINDO III khususnya dalam sitem container crane seperti ditunjukkan pada gambar 4.1



Gambar 4.1. *One line sistem kelistrikan container crane*
(*One line semua sistem kelistrikan pelabuhan nilam*)

4.3 Langkah pembuatan program ETAP 12.6

1. Instal program ETAP 12.6 maka akan muncul icon program ETAP 12.6 seperti gambar 4.2



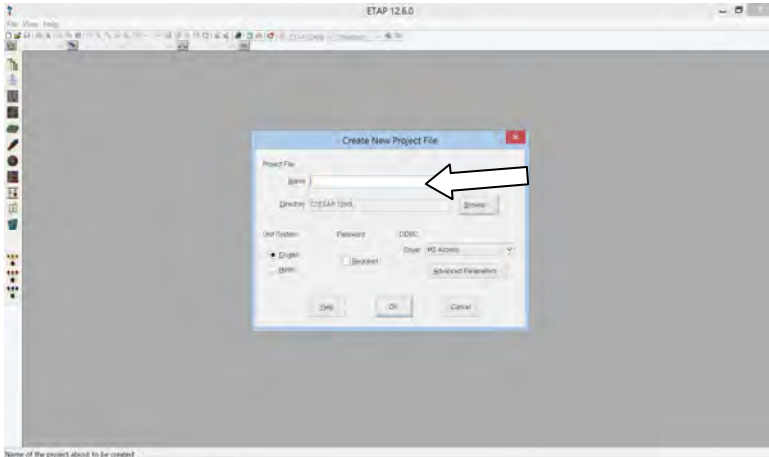
Gambar 4.2. Icon program ETAP 12.6

2. Kemudian klik program etap tersebut maka akan muncul tampilan seperti gambar 4.3



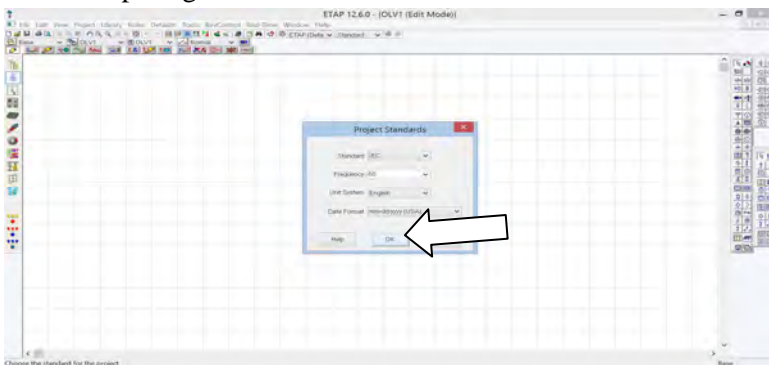
Gambar 4.3. Program ETAP 12.6

3. Tekan `ctrl + n` pada *keyboard* untuk membuat project baru dan memberi nama project kemudian klik ok seperti gambar 4.4



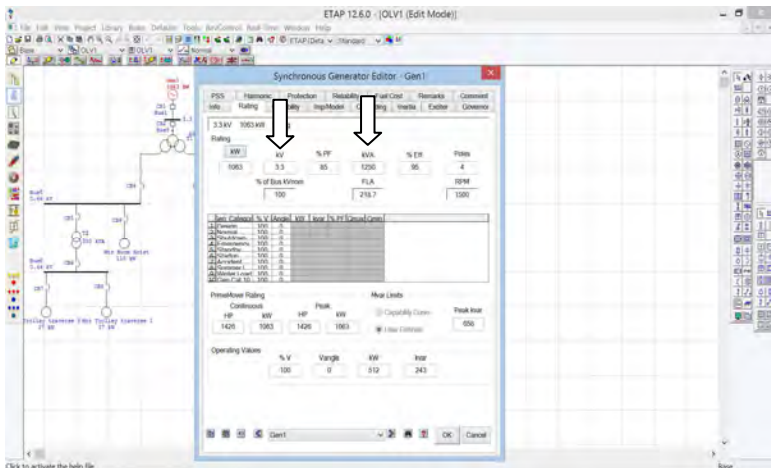
Gambar 4.4. *New project* program ETAP 12.6

4. Pada lembar kerja program ETAP klik project kemudian klik standart dan pilih standart IEC kemudian klik ok seperti gambar 4.5



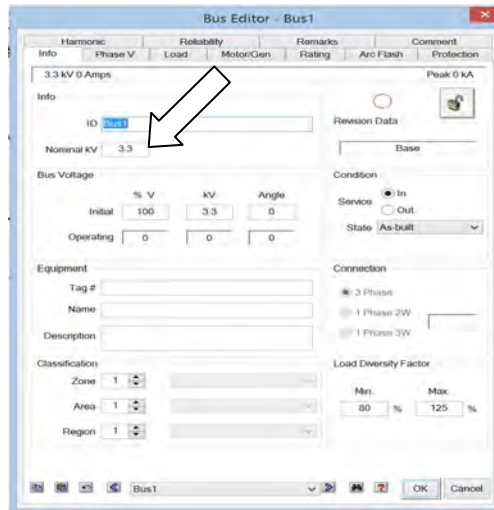
Gambar 4.5. Penentuan standart program ETAP 12.6

5. Dari one line dan pembebanan motor listrik yang ada kita membuat one line pada program ETAP. Pertama klik generator sebagai main power system parameter yang diisi adalah daya generator dan tegangan kemudian klik ok seperti gambar 4.6



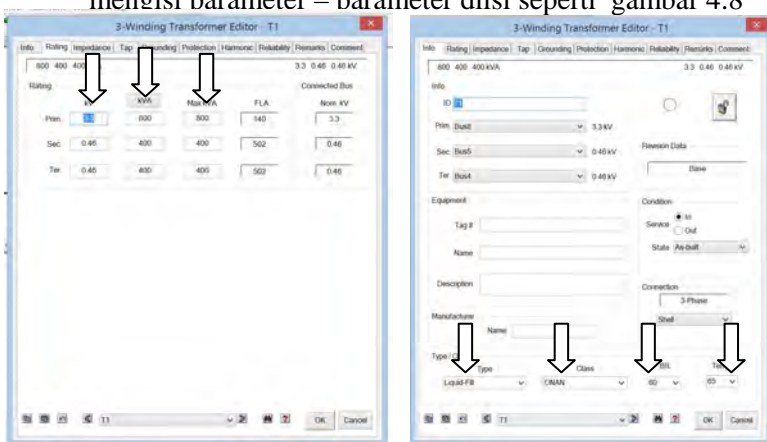
Gambar 4.6. Parameter yang diisi pada generator

6. Setelah mengisi parameter generator kita sambungkan dengan high voltage circuit breaker (cb1) karena tegangannya diatas 1kV kemudian disambungkan pada bus1 diisi nominal tegangannya seperti gambar 4.7



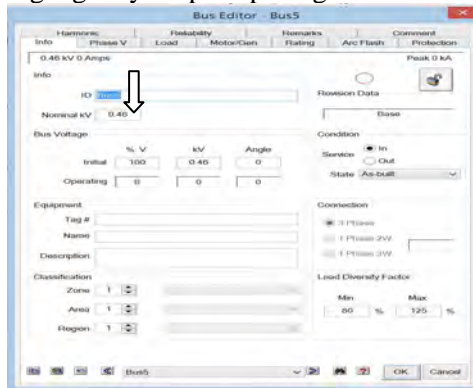
Gambar 4.7. Parameter yang diisi pada bus 1

7. Sambungkan kembali dengan high voltage circuit breaker (cb2) baru memilih trafo 3 winding sesuai one line dan mengisi parameter – parameter diisi seperti gambar 4.8



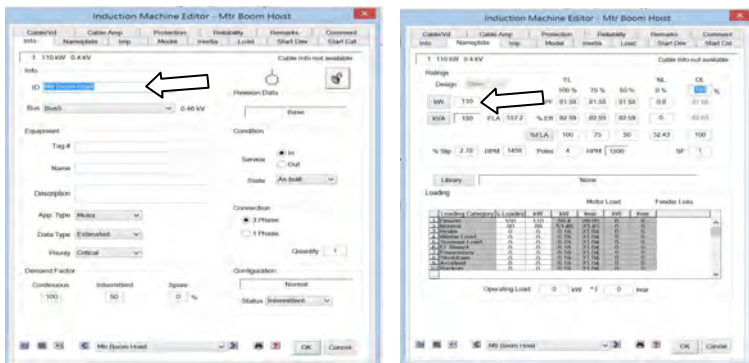
Gambar 4.8. Parameter yang diisi pada transformer 3 winding

8. Pada output kumparan sekunder transformator 3 winding disambungkan dengan pengaman low voltage circuit breaker⁴ dan disambungkan dengan bus⁵ dan di isi nominal tegangannya seperti pada gambar 4.9



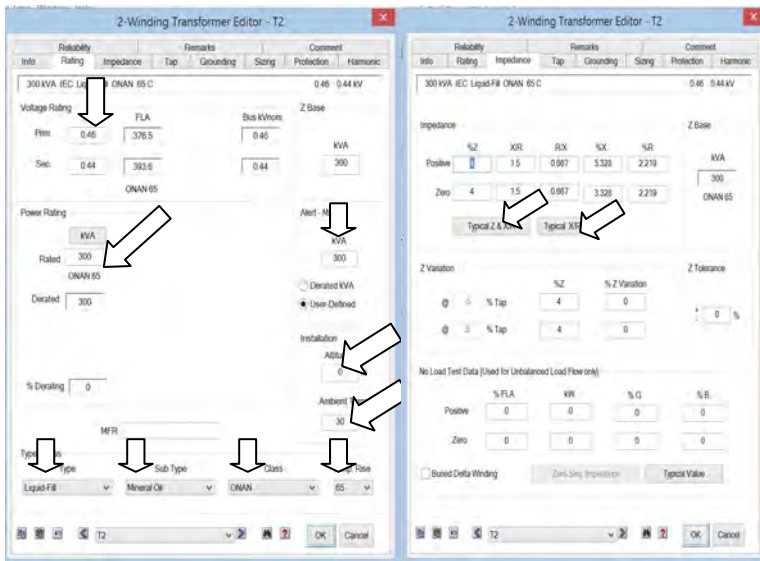
Gambar 4.9. Parameter yang diisi pada bus5

9. Pada bus5 tersebut di sambungkan cb9 sebelum disambungkan pada motor boom. Parameter pertama yang diisi pada motor boom pada tab info isi ID, dan pada tab nameplate isi daya motor boom kemudian klik oke seperti gambar 4.10



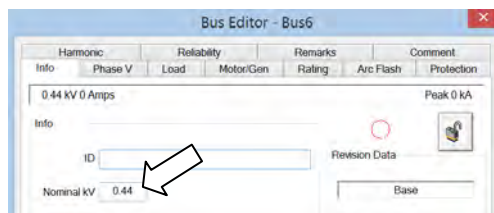
Gambar 4.10. Parameter yang diisi pada motor boom

10. Pada bus5 diambungkan juga dengan cb5 sebelum masuk transformator 2. Pada transformator 2 parameter yang diisi seperti gambar 4.11



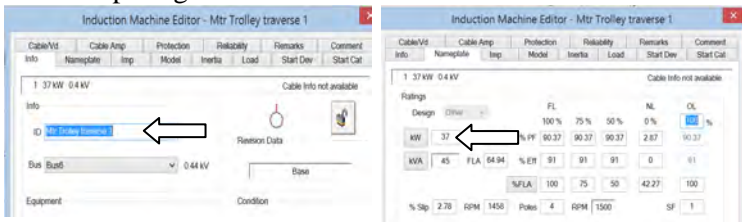
Gambar 4.11. Parameter yang diisi pada transformator 2

11. Setelah masuk transformator 2 maka akan disambungkan dengan low voltage cb6 setelah itu disambungkan dengan bus6. Untuk parameter bus6 yang diisi seperti gambar 4.12



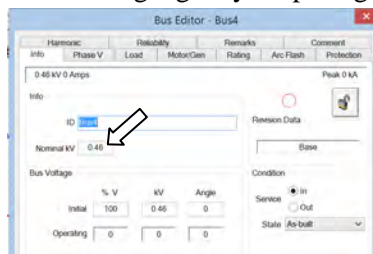
Gambar 4.12. Parameter yang diisi pada bus6

12. Setelah bus6 disambungkan dengan motor trolley tetapi sebelum masuk pada motor trolley diberi pengaman cb7 dan cb8. Untuk parameter yang diisi pada motor trolley seperti gambar 4.13



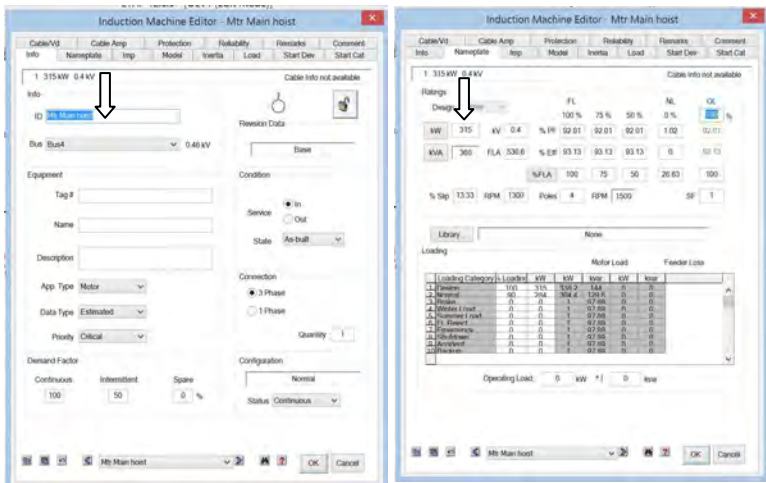
Gambar 4.13. Parameter yang diisi pada motor trolley

13. Pada kumparan tersier transformator 1 dihubungkan dengan cb3 dan disambungkan dengan bus4 sesuai dengan nominal tegangannya seperti gambar 4.14



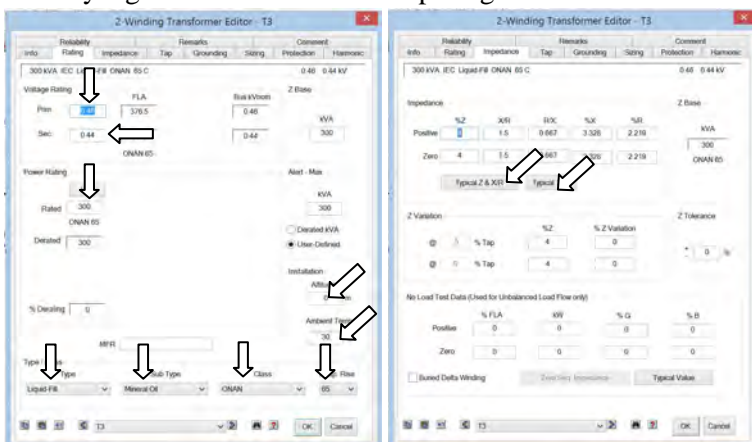
Gambar 4.14. Parameter yang diisi pada bus4

14. Dari bus4 disambungkan dengan low voltage cb10 kemudian disambungkan dengan motor main hoist. Untuk parameter yang diisi pada motor main hoist seperti gambar 4.15



Gambar 4.15. Parameter yang diisi pada motor hoist

15. Pada bus4 disambungkan juga dengan cb11 kemudian disambungkan dengan transformator 3. Untuk parameter yang diisi transformator 3 seperti gambar 4.16



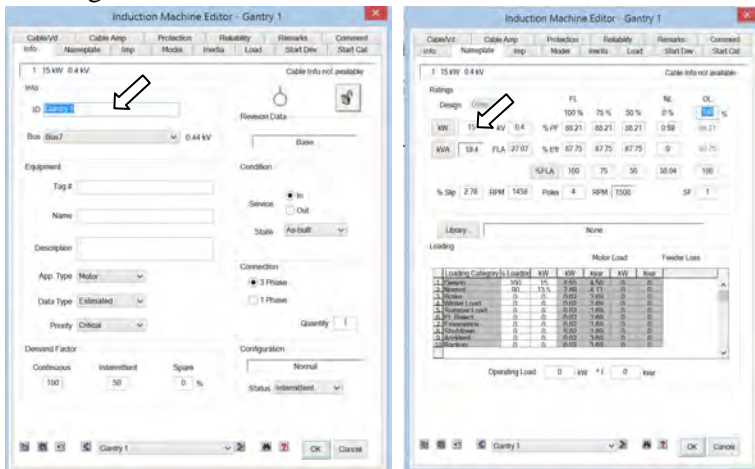
Gambar 4.16. Parameter yang diisi pada transformator 3

16. Setelah melewati transformator 3 maka disambungkan dengan cb12 selanjutnya disambungkan pada network1. Network1 disini untuk membuat wiring lebih ringkas karena jumlah motor gantry yang terlalu banyak, dalam network1 disambung dengan bus7. Untuk parameter yang diisi seperti gambar 4.17



Gambar 4.17. Parameter yang diisi pada bus7

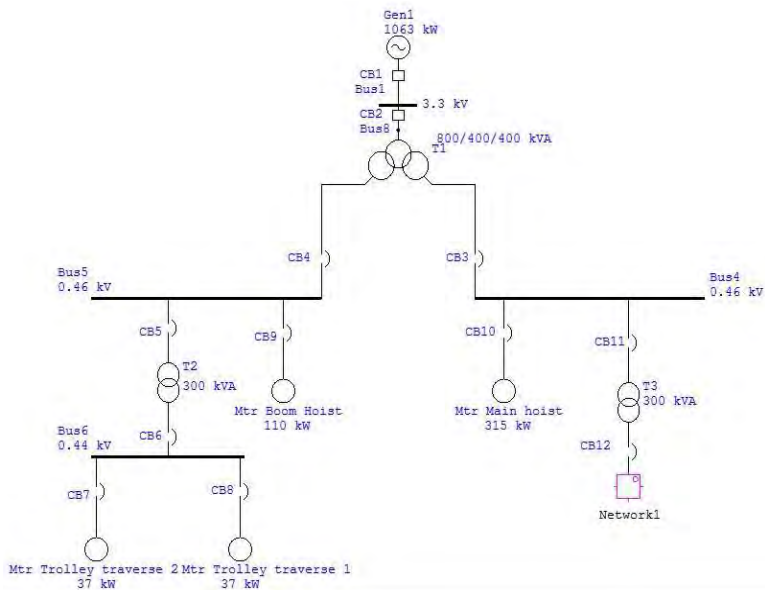
17. Dari bus7 tersebut disamungkan dengan cb13 sampai cb20, kemudian disamungkan dengan motor gantry. Untuk parameter yang diisi dalam motor gantry seperti gambar 4.18



Gambar 4.18. Parameter yang diisi pada motor gantry

4.4 Langkah *running* program ETAP 12.6

Dari hasil pembuatan program di dapat one line *container crane* sehingga pada program ini bisa mesimulasasi kondisi arus starting dan arus *steady state*. Berikut one line system container crane menggunakan program ETAP 12.6



Gambar 4.19. *One line container crane* ETAP 12.6

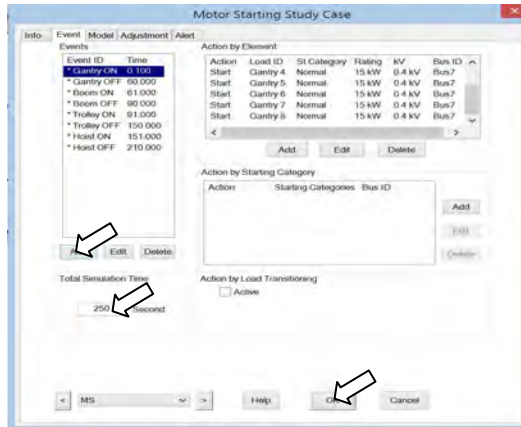
Untuk langkah – langkah *running* program sebagai berikut :

1. Setelah membuka program ETAP 12.6 seperti gambar 4.19 klik motor acceleration analysis kemudian edit study case seperti gambar 4.20



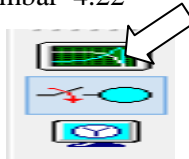
Gambar 4.20. *Motor acceleration analysis*

2. Kemudian mensetting waktu operasional setiap motor mana yang akan distarting terlebih dahulu seperti gambar 4.21



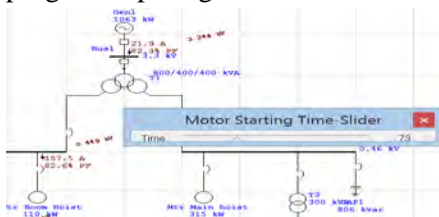
Gambar 4.21. Settingan waktu operasional motor

3. Kemudian klik run dynamic motor *starting* pada pojok kanan atas seperti gambar 4.22



Gambar 4.22. Run dynamic motor starting

4. Kemudian menggeser time slider untuk memperoleh hasil simulasi program seperti gambar 4.23



Gambar 4.23. Running program ETAP 12.6

4.5 Hasil Simulasi Arus Tranformator 800kVA Dari Program ETAP 12.6

Kondisi pada saat motor gantry beroperasi melalui 2 buah transformator yaitu transformator 1 yang berdaya 800kVA dan transformator 3 berdaya 300kVA, power suplai menggunakan generator yang berdaya 1250kVA dan dibebankan motor gantry dengan daya 15kW dengan jumlah 8 unit sehingga total daya yang harus disuplai sebesar 120kW.

Pada rangkaian motor gantry menggunakan rangkaian wye – delta untuk mengurangi arus *starting* dengan settingan waktu 5 detik perpindahan dari rangkaian wye ke delta dan waktu operasional pengamatan selama 60 detik. Untuk hasil simulasi program arus *starting* dan juga arus *steady state* pada pembebanan motor gantry ditunjukkan oleh tabel 4.1

Tabel 4.1. Kondisi operasional motor gantry

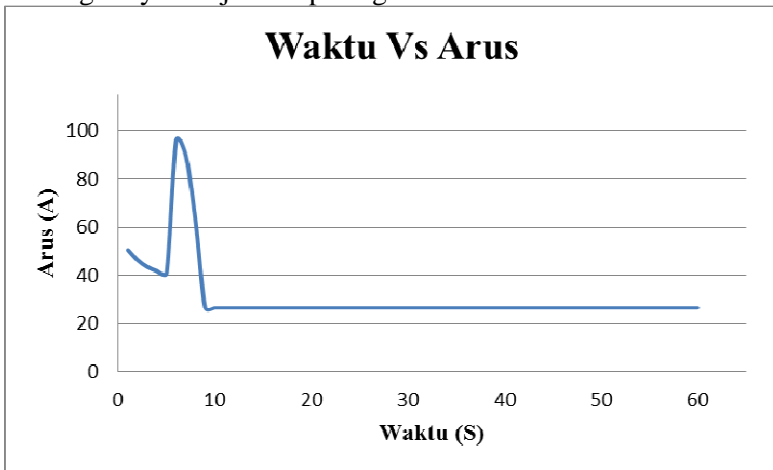
No	Time (S)	Arus input (A)	Teg. Input (KV)	Arus Output (A)	Teg. Output (KV)
1	1	50.5	3.09	47.3	0.38
2	2	46.3	3.1	43.4	0.39
3	3	43.5	3.12	40.8	0.39
4	4	41.8	3.12	39.2	0.39
5	5	40.9	3.13	38.3	0.39
6	6	96	2.9	90	0.34
7	7	89.7	2.93	84.1	0.34
8	8	62.6	3.09	58.7	0.38
9	9	26.5	3.22	24.9	0.41
10	10	26.5	3.22	24.9	0.41
11	11	26.5	3.22	24.9	0.41
12	12	26.5	3.22	24.9	0.41

No	Time (S)	Arus input (A)	Teg. Input (KV)	Arus Output (A)	Teg. Output (KV)
13	13	26.5	3.22	24.9	0.41
14	14	26.5	3.22	24.9	0.41
15	15	26.5	3.22	24.9	0.41
16	16	26.5	3.22	24.9	0.41
17	17	26.5	3.22	24.9	0.41
18	18	26.5	3.22	24.9	0.41
19	19	26.5	3.22	24.9	0.41
20	20	26.5	3.22	24.9	0.41
21	21	26.5	3.22	24.9	0.41
22	22	26.5	3.22	24.9	0.41
23	23	26.5	3.22	24.9	0.41
24	24	26.5	3.22	24.9	0.41
25	25	26.5	3.22	24.9	0.41
26	26	26.5	3.22	24.9	0.41
27	27	26.5	3.22	24.9	0.41
28	28	26.5	3.22	24.9	0.41
29	29	26.5	3.22	24.9	0.41
30	30	26.5	3.22	24.9	0.41
31	31	26.5	3.22	24.9	0.41
32	32	26.5	3.22	24.9	0.41
33	33	26.5	3.22	24.9	0.41
34	34	26.5	3.22	24.9	0.41
35	35	26.5	3.22	24.9	0.41
36	36	26.5	3.22	24.9	0.41
37	37	26.5	3.22	24.9	0.41
38	38	26.5	3.22	24.9	0.41

No	Time (S)	Arus input (A)	Teg. Input (KV)	Arus Output (A)	Teg. Output (KV)
39	39	26.5	3.22	24.9	0.41
40	40	26.5	3.22	24.9	0.41
41	41	26.5	3.22	24.9	0.41
42	42	26.5	3.22	24.9	0.41
43	43	26.5	3.22	24.9	0.41
44	44	26.5	3.22	24.9	0.41
45	45	26.5	3.22	24.9	0.41
46	46	26.5	3.22	24.9	0.41
47	47	26.5	3.22	24.9	0.41
48	48	26.5	3.22	24.9	0.41
49	49	26.5	3.22	24.9	0.41
50	50	26.5	3.22	24.9	0.41
51	51	26.5	3.22	24.9	0.41
52	52	26.5	3.22	24.9	0.41
53	53	26.5	3.22	24.9	0.41
54	54	26.5	3.22	24.9	0.41
55	55	26.5	3.22	24.9	0.41
56	56	26.5	3.22	24.9	0.41
57	57	26.5	3.22	24.9	0.41
58	58	26.5	3.22	24.9	0.41
59	59	26.5	3.22	24.9	0.41
60	60	26.5	3.22	24.9	0.41

Dari hasil simulasi selama operasional motor gantry terdapat drop tegangan input pada trafo 1 selama 2 detik pada detik ke 6-7 sedangkan pada sisi tegangan ouput terdapat drop tegangan selama 4 detik yaitu pada detik ke 1 dan 6-8 kondisi

drop tegangan ini terjadi dikarenakan perubahan kondisi dari rangkaian wye-delta. Tetapi drop tegangan dalam operasional motor gantry masih dalam toleransi standart IEEE. Untuk grafik karakteristik *starting* dan juga arus *steady state* dalam operasional motor gantry ditunjukkan pada gambar 4.24



Gambar 4.24. Grafik arus motor gantry

Kondisi pada saat motor boom beroperasi melalui transformator 1 yang berdaya 800kVA, power suplai menggunakan generator yang berdaya 1250kVA dan dibebankan motor boom dengan daya 110kW.

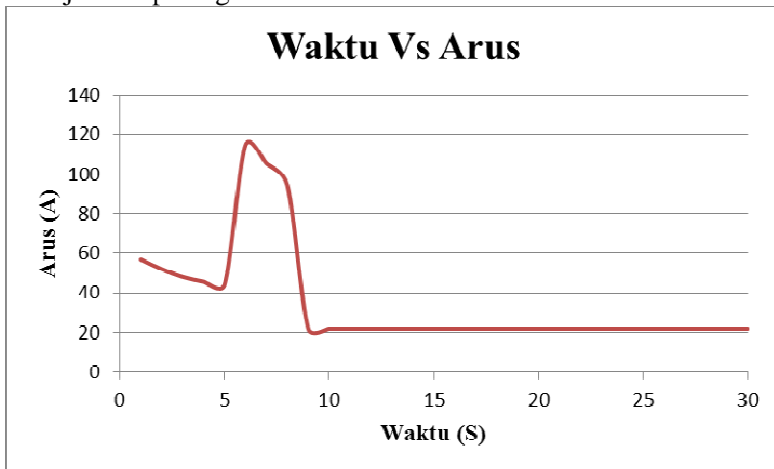
Pada rangkaian motor boom menggunakan rangkaian wye – delta untuk mengurangi arus *starting* dengan settingan waktu 5 detik perpindahan dari rangkaian wye ke delta dan waktu operasional pengamatan selama 60 detik. Untuk hasil simulasi program arus *starting* dan juga arus *steady state* pada pembebanan motor boom ditunjukkan oleh tabel 4.2

Tabel 4.2. Kondisi operasional motor boom

No	Time (S)	Arus input (A)	Teg. Input (KV)	Arus Output (A)	Teg. Output (KV)
1	1	56.9	3.06	408.3	0.41
2	2	52	3.08	372.9	0.42
3	3	48.1	3.1	345.1	0.42
4	4	45.7	3.11	327.8	0.42
5	5	44.3	3.11	317.9	0.42
6	6	114.6	2.82	822.1	0.37
7	7	105.5	2.86	757.2	0.38
8	8	94.4	2.92	677.5	0.39
9	9	21.9	3.24	157.5	0.44
10	10	21.9	3.24	157.5	0.44
11	11	21.9	3.24	157.5	0.44
12	12	21.9	3.24	157.5	0.44
13	13	21.9	3.24	157.5	0.44
14	14	21.9	3.24	157.5	0.44
15	15	21.9	3.24	157.5	0.44
16	16	21.9	3.24	157.5	0.44
17	17	21.9	3.24	157.5	0.44
18	18	21.9	3.24	157.5	0.44
19	19	21.9	3.24	157.5	0.44
20	20	21.9	3.24	157.5	0.44
21	21	21.9	3.24	157.5	0.44
22	22	21.9	3.24	157.5	0.44
23	23	21.9	3.24	157.5	0.44
24	24	21.9	3.24	157.5	0.44
25	25	21.9	3.24	157.5	0.44

No	Time (S)	Arus input (A)	Teg. Input (KV)	Arus Output (A)	Teg. Output (KV)
26	26	21.9	3.24	157.5	0.44
27	27	21.9	3.24	157.5	0.44
28	28	21.9	3.24	157.5	0.44
29	29	21.9	3.24	157.5	0.44
30	30	21.9	3.24	157.5	0.44

Dari hasil simulasi selama operasional motor boom terdapat drop tegangan input pada trafo 1 selama 3 detik pada detik ke 6-8 sedangkan pada sisi tegangan ouput terdapat drop tegangan selama 3 detik yaitu pada detik ke 6-8 kondisi drop tegangan ini terjadi dikarenakan perubahan kondisi dari rangkaian wye-delta. Tetapi drop tegangan dalam operasional motor gantry masih dalam toleransi standart IEEE. Untuk grafik karakteristik *starting* dan juga arus *steady state* dalam operasional motor boom ditunjukkan pada gambar 4.25



Gambar 4.25. Grafik arus motor boom

Kondisi pada saat motor trolley beroperasi melalui 2 buah transformator yaitu transformator 1 yang berdaya 800kVA dan transformator 2 berdaya 300kVA, power suplai menggunakan generator yang berdaya 1250kVA dan dibebankan motor trolley dengan daya 37kW dengan jumlah 2 unit sehingga total daya yang harus disuplai sebesar 74kW.

Pada rangkaian motor trolley menggunakan rangkaian wye – delta untuk mengurangi arus *starting* dengan settingan waktu 5 detik perpindahan dari rangkaian wye ke delta dan waktu operasional pengamatan selama 60 detik. Untuk hasil simulasi program arus *starting* dan juga arus *steady state* pada pembebanan motor trolley ditunjukkan oleh tabel 4.3

Tabel 4.3. Kondisi operasional motor trolley

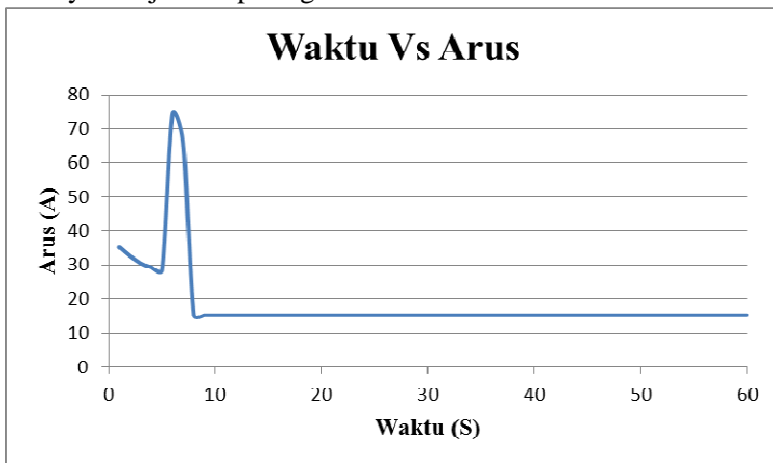
No	Time (S)	Arus input (A)	Teg. Input (KV)	Arus Output (A)	Teg. Output (KV)
1	1	35.2	3.17	131.8	0.4
2	2	32.7	3.17	122.7	0.4
3	3	30.6	3.18	114.9	0.41
4	4	29.3	3.19	109.7	0.41
5	5	28.4	3.19	106.6	0.41
6	6	74.3	3.01	278.8	0.36
7	7	66.3	3.05	248.6	0.37
8	8	15.3	3.25	57.4	0.42
9	9	15.3	3.25	57.4	0.42
10	10	15.3	3.25	57.4	0.42
11	11	15.3	3.25	57.4	0.42
12	12	15.3	3.25	57.4	0.42
13	13	15.3	3.25	57.4	0.42

No	Time (S)	Arus input (A)	Teg. Input (KV)	Arus Output (A)	Teg. Output (KV)
14	14	15.3	3.25	57.4	0.42
15	15	15.3	3.25	57.4	0.42
16	16	15.3	3.25	57.4	0.42
17	17	15.3	3.25	57.4	0.42
18	18	15.3	3.25	57.4	0.42
19	19	15.3	3.25	57.4	0.42
20	20	15.3	3.25	57.4	0.42
21	21	15.3	3.25	57.4	0.42
22	22	15.3	3.25	57.4	0.42
23	23	15.3	3.25	57.4	0.42
24	24	15.3	3.25	57.4	0.42
25	25	15.3	3.25	57.4	0.42
26	26	15.3	3.25	57.4	0.42
27	27	15.3	3.25	57.4	0.42
28	28	15.3	3.25	57.4	0.42
29	29	15.3	3.25	57.4	0.42
30	30	15.3	3.25	57.4	0.42
31	31	15.3	3.25	57.4	0.42
32	32	15.3	3.25	57.4	0.42
33	33	15.3	3.25	57.4	0.42
34	34	15.3	3.25	57.4	0.42
35	35	15.3	3.25	57.4	0.42
36	36	15.3	3.25	57.4	0.42
37	37	15.3	3.25	57.4	0.42
38	38	15.3	3.25	57.4	0.42
39	39	15.3	3.25	57.4	0.42

No	Time (S)	Arus input (A)	Teg. Input (KV)	Arus Output (A)	Teg. Output (KV)
40	40	15.3	3.25	57.4	0.42
41	41	15.3	3.25	57.4	0.42
42	42	15.3	3.25	57.4	0.42
43	43	15.3	3.25	57.4	0.42
44	44	15.3	3.25	57.4	0.42
45	45	15.3	3.25	57.4	0.42
46	46	15.3	3.25	57.4	0.42
47	47	15.3	3.25	57.4	0.42
48	48	15.3	3.25	57.4	0.42
49	49	15.3	3.25	57.4	0.42
50	50	15.3	3.25	57.4	0.42
51	51	15.3	3.25	57.4	0.42
52	52	15.3	3.25	57.4	0.42
53	53	15.3	3.25	57.4	0.42
54	54	15.3	3.25	57.4	0.42
55	55	15.3	3.25	57.4	0.42
56	56	15.3	3.25	57.4	0.42
57	57	15.3	3.25	57.4	0.42
58	58	15.3	3.25	57.4	0.42
59	59	15.3	3.25	57.4	0.42
60	60	15.3	3.25	57.4	0.42

Dari hasil simulasi selama operasional motor trolley terdapat drop tegangan input pada trafo 1 selama 1 detik pada detik ke 6 sedangkan pada sisi tegangan ouput terdapat drop tegangan selama 2 detik yaitu pada detik ke 6-7 kondisi drop tegangan ini terjadi dikarenakan perubahan kondisi dari rangkaian

weye-delta. Tetapi drop tegangan dalam operasional motor trolley masih dalam toleransi standart IEEE. Untuk grafik karakteristik *starting* dan juga arus *steady state* dalam operasional motor trolley ditunjukkan pada gambar 4.26



Gambar 4.26. Grafik arus motor trolley

Kondisi pada saat motor hoist beroperasi melalui transformator 1 yang berdaya 800kVA, power suplai menggunakan generator yang berdaya 1250kVA dan dibebankan motor hoist dengan daya 315kW.

Pada rangkaian motor hoist menggunakan rangkaian weye – delta untuk mengurangi arus *starting* dengan settingan waktu 5 detik perpindahan dari rangkaian weye ke delta dan waktu operasional pengamatan selama 60 detik. Untuk hasil simulasi program arus *starting* dan juga arus *steady state* pada pembebanan motor hoist ditunjukkan oleh tabel 4.4

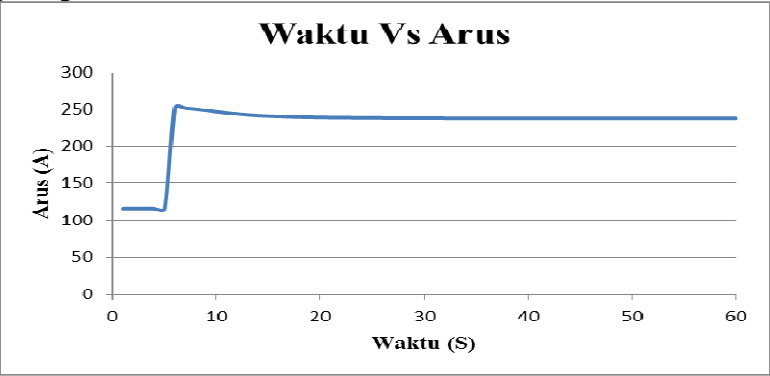
Tabel 4.4. Kondisi operasional motor hoist

No	Time (S)	Arus input (A)	Teg. Input (KV)	Arus Output (A)	Teg. Output (KV)
1	1	115.4	2.82	828	0.37
2	2	115.4	2.82	828	0.37
3	3	115.4	2.82	828	0.37
4	4	115.4	2.82	828	0.37
5	5	115.4	2.82	828	0.37
6	6	252	2.25	1807.8	0.27
7	7	251.2	2.25	1802.3	0.27
8	8	250	2.26	1793.7	0.27
9	9	248.5	2.26	1782.4	0.27
10	10	246.7	2.27	1770.1	0.27
11	11	245.1	2.28	1758.6	0.27
12	12	243.8	2.29	1748.9	0.27
13	13	242.7	2.29	1741.1	0.28
14	14	241.8	2.3	1735	0.28
15	15	241.2	2.3	1730.2	0.28
16	16	240.7	2.3	1726.5	0.28
17	17	240.2	2.31	1723.5	0.28
18	18	239.9	2.31	1721.1	0.28
19	19	239.6	2.31	1719.2	0.28
20	20	239.4	2.31	1717.6	0.28
21	21	239.2	2.31	1716.3	0.28
22	22	239.1	2.31	1715.2	0.28
23	23	239	2.32	1714.2	0.28
24	24	238.8	2.32	1713.4	0.28
25	25	238.8	2.32	1712.8	0.28

No	Time (S)	Arus input (A)	Teg. Input (KV)	Arus Output (A)	Teg. Output (KV)
26	26	238.7	2.32	1712.2	0.28
27	27	238.6	2.32	1711.7	0.28
28	28	238.5	2.32	1711.3	0.28
29	29	238.5	2.32	1710.9	0.28
30	30	238.4	2.32	1710.6	0.28
31	31	238.4	2.32	1710.3	0.28
32	32	238.4	2.32	1710.1	0.28
33	33	238.3	2.32	1709.9	0.28
34	34	238.3	2.32	1709.7	0.28
35	35	238.3	2.32	1709.5	0.28
36	36	238.3	2.32	1709.3	0.28
37	37	238.3	2.32	1709.2	0.28
38	38	238.2	2.32	1709.1	0.28
39	39	238.2	2.32	1709	0.28
40	40	238.2	2.32	1708.9	0.28
41	41	238.2	2.32	1708.8	0.28
42	42	238.2	2.32	1708.8	0.28
43	43	238.2	2.32	1708.7	0.28
44	44	238.2	2.32	1708.6	0.28
45	45	238.2	2.32	1708.6	0.28
46	46	238.2	2.32	1708.6	0.28
47	47	238.2	2.32	1708.5	0.28
48	48	238.2	2.32	1708.5	0.28
49	49	238.1	2.32	1708.4	0.28
50	50	238.1	2.32	1708.4	0.28
51	51	238.1	2.32	1708.4	0.28

No	Time (S)	Arus input (A)	Teg. Input (KV)	Arus Output (A)	Teg. Output (KV)
52	52	238.1	2.32	1708.4	0.28
53	53	238.1	2.32	1708.4	0.28
54	54	238.1	2.32	1708.3	0.28
55	55	238.1	2.32	1708.3	0.28
56	56	238.1	2.32	1708.3	0.28
57	57	238.1	2.32	1708.3	0.28
58	58	238.1	2.32	1708.3	0.28
59	59	238.1	2.32	1708.3	0.28
60	60	238.1	2.32	1708.3	0.28

Dari hasil simulasi selama operasional motor hoist terdapat drop tegangan selama operasional dan mengakibatkan motor hoist *failed to start* pada simulasi ETAP 12.6. Dan juga drop tegangan dalam operasional motor hoist tidak sesuai standart IEEE, sehingga dibutuhkan kapasitor untuk memperbaiki kondisi operasional motor hoist. Untuk grafik karakteristik *starting* dan juga arus *steady state* dalam operasional motor hoist ditunjukkan pada gambar 4.27 :



Gambar 4.27. Grafik arus motor hoist

Berikut perhitungan kapasitor untuk memperbaiki drop tegangan akibat arus start yang tinggi dalam operasional motor hoist :

Dimana

$$P = 315000 \text{ watt}$$

$$\cos \theta_{lama} = 0,3$$

$$\cos \theta_{diinginkan} = 0,85$$

$$\begin{aligned} Q_{kompensasi} &= Q_{lama} - Q_{diinginkan} \\ &= P \times [\tan(\arccos \theta_{lama}) - \tan(\arccos \theta_{diinginkan})] \\ &= 315000 \times [\tan(\arccos 0,3) - \tan(\arccos 0,85)] \\ &= 315000 \times [\tan 72,54 - \tan 31,79] \\ &= 315000 \times (3,18 - 0,62) \\ &= 315000 \times 2,56 \\ &= 806400 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Kondisi pada saat motor hoist beroperasi dengan tambahan kapasitor melalui transformator 1 yang berdaya 800kVA, power suplai menggunakan generator yang berdaya 1250kVA dan dibebankan motor hoist dengan daya 315kW.

Pada rangkaian motor hoist menggunakan rangkaian wye – delta untuk mengurangi arus *starting* dengan settingan waktu 5 detik perpindahan dari rangkaian wye ke delta dan waktu operasional pengamatan selama 60 detik. Untuk hasil simulasi program arus *starting* dan juga arus *steady state* pada pembebanan motor hoist ditunjukkan oleh tabel 4.5

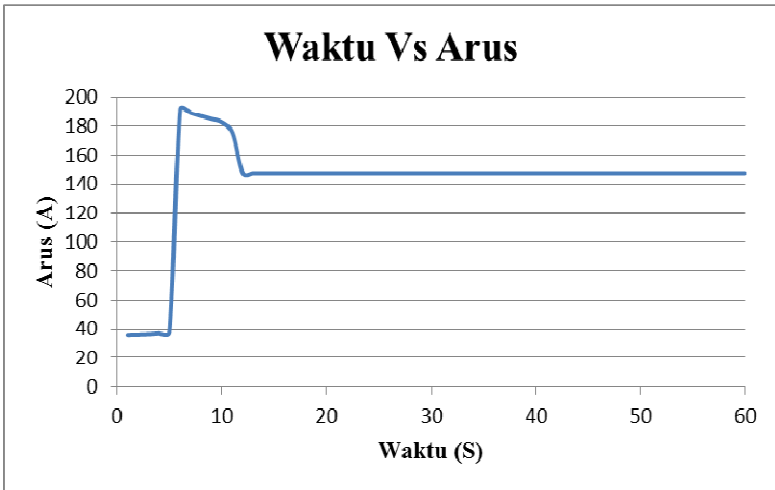
Tabel 4.5. Kondisi operasional motor hoist perbaikan

No	Time (S)	Arus input (A)	Teg. Input (KV)	Arus Output (A)	Teg. Output (KV)
1	1	35.6	3.3	1016.5	0.46
2	2	35.8	3.3	1013	0.46
3	3	36.1	3.3	1007.5	0.46
4	4	36.7	3.3	1000.1	0.46
5	5	37.6	3.3	991.7	0.46
6	6	191.7	2.53	2042.4	0.32
7	7	189.2	2.54	2024.6	0.32
8	8	187	2.56	2007.9	0.32
9	9	185	2.58	1990.6	0.33
10	10	182.7	2.61	1966.5	0.33
11	11	175.4	2.8	1820.5	0.36
12	12	147.5	3.8	378.8	0.56
13	13	147.5	3.8	378.8	0.56
14	14	147.5	3.8	378.8	0.56
15	15	147.5	3.8	378.8	0.56
16	16	147.5	3.8	378.8	0.56
17	17	147.5	3.8	378.8	0.56
18	18	147.5	3.8	378.8	0.56
19	19	147.5	3.8	378.8	0.56
20	20	147.5	3.8	378.8	0.56
21	21	147.5	3.8	378.8	0.56
22	22	147.5	3.8	378.8	0.56
23	23	147.5	3.8	378.8	0.56
24	24	147.5	3.8	378.8	0.56
25	25	147.5	3.8	378.8	0.56

No	Time (S)	Arus input (A)	Teg. Input (KV)	Arus Output (A)	Teg. Output (KV)
26	26	147.5	3.8	378.8	0.56
27	27	147.5	3.8	378.8	0.56
28	28	147.5	3.8	378.8	0.56
29	29	147.5	3.8	378.8	0.56
30	30	147.5	3.8	378.8	0.56
31	31	147.5	3.8	378.8	0.56
32	32	147.5	3.8	378.8	0.56
33	33	147.5	3.8	378.8	0.56
34	34	147.5	3.8	378.8	0.56
35	35	147.5	3.8	378.8	0.56
36	36	147.5	3.8	378.8	0.56
37	37	147.5	3.8	378.8	0.56
38	38	147.5	3.8	378.8	0.56
39	39	147.5	3.8	378.8	0.56
40	40	147.5	3.8	378.8	0.56
41	41	147.5	3.8	378.8	0.56
42	42	147.5	3.8	378.8	0.56
43	43	147.5	3.8	378.8	0.56
44	44	147.5	3.8	378.8	0.56
45	45	147.5	3.8	378.8	0.56
46	46	147.5	3.8	378.8	0.56
47	47	147.5	3.8	378.8	0.56
48	48	147.5	3.8	378.8	0.56
49	49	147.5	3.8	378.8	0.56
50	50	147.5	3.8	378.8	0.56
51	51	147.5	3.8	378.8	0.56

No	Time (S)	Arus input (A)	Teg. Input (KV)	Arus Output (A)	Teg. Output (KV)
52	52	147.5	3.8	378.8	0.56
53	53	147.5	3.8	378.8	0.56
54	54	147.5	3.8	378.8	0.56
55	55	147.5	3.8	378.8	0.56
56	56	147.5	3.8	378.8	0.56
57	57	147.5	3.8	378.8	0.56
58	58	147.5	3.8	378.8	0.56
59	59	147.5	3.8	378.8	0.56
60	60	147.5	3.8	378.8	0.56

Dari hasil simulasi selama operasional motor hoist dengan kapasitor terdapat drop tegangan tetapi sudah memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap operasional motor hoist sehingga drop tegangan tidak berlangsung lama seperti sebelum ditambahkan kapasitor bank. Drop tegangan input pada trafo 1 selama 6 detik pada detik ke 6-11 sedangkan pada sisi tegangan output terdapat drop tegangan selama 6 detik yaitu pada detik ke 6-11 kondisi drop tegangan ini terjadi dikarenakan perubahan kondisi dari rangkaian wye-delta. Tetapi drop tegangan dalam operasional motor trolley masih dalam toleransi standart IEEE. Untuk grafik karakteristik *starting* dan juga arus *steady state* dalam operasional motor hoist dengan tambahan kapasitor ditunjukkan pada gambar 4.28 :



Gambar 4.28. Grafik arus motor hoist dengan kapasitor

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan dan pembuatan program container *crane* kemudian dilakukan analisa, maka dapat diambil beberapa kesimpulan tentang arus *starting* transformator antara lain :

1. Karakteristik arus *starting* transformator mengikuti arus *starting* dan juga arus *steady state* setiap pembebanan motor – motor listrik *container crane*. Pada pembebanan motor gantry arus *starting* pada rangkaian wye 50,5A pada rangkaian delta 96A arus *steady state* pada rangkaian wye 40,9A pada rangkaian delta 26,5A. Pembebanan motor boom arus *starting* pada rangkaian wye 56,9A pada rangkaian delta 114,6A arus *steady state* pada rangkaian wye 44,3A pada rangkaian delta 21,9A. Pembebanan motor trolley arus *starting* pada rangkaian wye 35,2A pada rangkaian delta 74,3A arus *steady state* pada rangkaian wye 28,4A pada rangkaian delta 15,3A. Pembebanan motor hoist arus *starting* pada rangkaian wye 115,4A pada rangkaian delta 252A arus *steady state* pada rangkaian wye 115,4A pada rangkaian delta 238,1A. Pembebanan motor hoist dengan kapasitor arus *starting* pada rangkaian wye 35,6A pada rangkaian delta 191,7A arus *steady state* pada rangkaian wye 37,6A pada rangkaian delta 147,5A. Sehingga arus *starting* dan *steady state* terkecil pada pembebanan motor trolley.
2. Dampak arus *starting* akibat pembebanan setiap motor *container crane* mengakibatkan drop tegangan. Pada pembebanan motor gantry terjadi drop tegangan selama 2 detik, motor boom terjadi drop tegangan selama 3 detik, motor trolley terjadi drop tegangan selama 1 detik. Tetapi dalam percobaan hanya motor hoist yang mengalami drop tegangan selama operasional yang diluar toleransi standard IEEE. Sehingga perlu ditambahkan kapasitor dengan daya

806400VAR, setelah penambahan kapasitor tersebut hanya terjadi drop tegangan selama 6 detik dan masih sesuai dengan standard IEEE.

3. Arus starting sudah dapat diturunkan dengan menggunakan rangkai wye – delta. Dari hasil analisa ditunjukkan pada pembebanan motor gantry rangkaian wye 50,5A sedangkan pada rangkaian delta arus *starting* sebesar 96A, pembebanan motor boom rangkaian wye 56,9A sedangkan delta 114,6A, pembebanan motor trolley rangkaian wye 35,2A sedangkan delta 74,3A, pembebanan motor hoist rangkaian wye 35,6A sedangkan delta 191,7A.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan oleh penulis setelah selesainya skripsi adalah:

1. Dilakukan pengamatan dan pengukuran langsung arus *starting* transformator pada setiap pembebanan *container crane* sehingga tidak hanya menggunakan pemodelan dan simulasi pada program ETAP 12.6.

DAFTAR PUSTAKA

- Almon.2015. Metode *starting* motor induksi, diakses dari <http://almon-r.blogspot.co.id/2008/12/metode-starting-motor-induksi.html>
- IEEE std. 1159-1995, IEEE standart *Votage Dip*. New York : Institute of Electrival and Electronics Engineers
- Laporan praktikum. 2014. Laporan praktikum listrik perkapalan, Program Studi Teknik sistem perkapalan., Institute Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Modul pelatihan ETAP. 2015. *Training ETAP Basic (load flow analysis) for industrial electricity system*, Program Studi Teknik Elektro., Institute Teknologi Sepuluh Nopember ., Surabaya.
- Modul praktikum. 2013. Modul praktikum control dan proteksi motor, Program Studi Teknik Kelistrikan Kapal., Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya., Surabaya.
- One line diagram*. 2015. One line sistem tenaga listrik pelabuhan NILAM PELINDO III
- Rijono Yon Drs. Dasar teknik tenaga listrik, Andi Yogya karta
- Saadat,H. 1999. *Power system analysis*. International edition EPRI. New York : McGraw- Hill
- Seminar national teknoin. 2010. Pengembangan teknologi industry berbasis *green technology*, diakses dari <https://www.academia.edu/6243225/ARUS-INRUSH>
- Sumardjati, Prih, dkk. 2015. Tipe rangkaian transformator 3fasa, diakses dari <http://electric-mechanic.blogspot.co.id/2013/10/jenis-hubungan-pada-belitan.html>
- Zuhal. 1991. Dasar tenaga listrik. Bandung: Penerbit ITB

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Critical									
Device ID	Type	Alert	Condition	Rating/Limit	Unit	Operating	% Operating	TBegin	Duration
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.876	87.1	5.1	2.82
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.827	85.7	66	2.18
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.017	91.4	96	0.58
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.822	85.5	151	58.98
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.876	87.1	5.1	2.52
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.827	85.7	66	2.12
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.822	85.5	151	58.98
Bus4	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.273	59.2	156	53.98
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.384	83.5	5.1	2.84
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.385	83.6	66	2.16
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.374	81.4	151	58.98
Bus5	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.293	63.7	156	53.98
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.392	85.3	5.1	2.76
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.375	81.6	66	2.18
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.409	88.9	96	0.86
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.384	83.5	151	58.98
Bus6	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.28	63.7	156	53.98
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.375	85.3	5.1	2.76
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.359	81.6	66	2.18
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.366	83.2	96	1.46
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.367	83.5	151	58.98
Bus7	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.335	78.1	5.1	2.3
Bus7	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.261	59.2	156	53.98
Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.384	87.2	0.1	3.18
Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.335	78.1	5.1	2.94
Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.368	83.6	66	2.16
Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.358	81.4	151	58.98
Bus8	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.876	87.1	5.1	2.52
Bus8	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.827	85.7	66	2.12
Bus8	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.822	85.5	151	58.98
Gantry 1	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.222	55.4	0.1	4.98
Gantry 2	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.222	55.4	0.1	4.98
Gantry 3	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.222	55.4	0.1	4.98
Gantry 4	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.222	55.4	0.1	4.98
Gantry 5	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.222	55.4	0.1	4.98
Gantry 6	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.222	55.4	0.1	4.98
Gantry 7	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.222	55.4	0.1	4.98
Gantry 8	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.222	55.4	0.1	4.98
Gen1	Generator	Exciter Peak Rating	Over Rating	0.658	Mvar	0.951	144.5	156	53.98
Mtr Boom Hoist	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.242	60.4	61	4.98
Mtr Main hoist	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.216	54	151	58.98
Mtr Main hoist	Motor	Motor Start	Failed to Start	5	%	36.341	726.8	156.3	53.7
Mtr Trolley traverse 1	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.234	58.6	91	4.98
Mtr Trolley traverse 2	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.234	58.6	91	4.98

Marginal										
Device ID	Type	Alert	Condition	Rating/Limit	Unit	Operating	% Operating	TBegin	Duration	
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.073	93.1	0.1	5	
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.045	92.3	7.94	0.1	
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.068	93	61	5	
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.059	92.7	68.2	0.02	
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.036	92	96.6	0.84	
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.073	93.1	0.1	5	
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.972	90.1	7.64	0.4	
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.068	93	61	5	
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.976	90.2	68.14	0.08	
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.017	91.4	96	1.44	
Bus4	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.384	83.5	5.1	2.84	
Bus4	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.385	83.6	66	2.16	
Bus4	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.374	81.4	151	5	
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.419	91.2	0.1	5	
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.416	90.4	7.96	0.1	
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.423	92	61	5	
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.415	90.2	68.18	0.04	
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.415	90.1	96	1.48	
Bus5	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.392	85.3	5.1	2.76	
Bus5	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.375	81.6	66	2.18	
Bus5	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.409	88.9	96	0.86	
Bus5	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.384	83.5	151	5	
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.424	92.1	0.1	5	
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.415	90.1	7.88	0.18	
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.418	90.9	61	5	
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.416	90.4	68.2	0.02	
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.437	95	91	0.18	
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.414	90	96.88	0.6	
Bus6	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.375	85.3	5.1	2.76	
Bus6	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.359	81.6	66	2.18	
Bus6	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.366	83.2	96	1.46	
Bus6	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.367	83.5	151	5	
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.405	92.1	0.1	5	
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.397	90.1	7.88	0.18	
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.4	90.9	61	5	
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.398	90.4	68.2	0.02	
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.406	92.3	91	5	
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.399	90.8	97.48	0.04	
Bus7	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.384	87.2	0.1	3.18	
Bus7	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.352	80	7.42	0.62	
Bus7	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.368	83.6	66	2.16	
Bus7	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.358	81.4	151	5	
Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.396	90	3.3	1.8	
Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.399	90.7	8.06	0.22	
Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.405	92	61	5	

Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	KV	0.397	90.2	68.18	0.04
Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	KV	0.397	90.1	96	1.48
Bus8	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	KV	3.073	93.1	0.1	5
Bus8	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	KV	2.972	90.1	7.64	0.4
Bus8	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	KV	3.068	93	61	5
Bus8	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	KV	2.976	90.2	68.14	0.08
Bus8	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	KV	3.017	91.4	96	1.44
Gantry 1	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	KV	0.335	83.7	5.1	2.68
Gantry 2	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	KV	0.335	83.7	5.1	2.68
Gantry 3	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	KV	0.335	83.7	5.1	2.68
Gantry 4	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	KV	0.335	83.7	5.1	2.68
Gantry 5	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	KV	0.335	83.7	5.1	2.68
Gantry 6	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	KV	0.335	83.7	5.1	2.68
Gantry 7	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	KV	0.335	83.7	5.1	2.68
Gantry 8	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	KV	0.335	83.7	5.1	2.68

Critical										
Device ID	Type	Alert	Condition	Rating/Limit	Unit	Operating	% Operating	TBegin	Duration	
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.876	87.1	5.1	2.82	
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.827	85.7	66	2.18	
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.017	91.4	96	0.58	
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.531	76.7	156	5.08	
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.876	87.1	5.1	2.52	
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.827	85.7	66	2.12	
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.531	76.7	156	5.06	
Bus4	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.322	69.9	156	4.98	
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.384	83.5	5.1	2.84	
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.385	83.6	66	2.16	
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.322	69.9	156	5.08	
Bus5	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.337	73.3	156	4.9	
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.392	85.3	5.1	2.76	
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.375	81.6	66	2.18	
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.409	88.9	96	0.86	
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.337	73.3	156	5.06	
Bus6	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.322	73.3	156	4.9	
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.375	85.3	5.1	2.76	
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.359	81.6	66	2.18	
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.366	83.2	96	1.46	
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.322	73.3	156	5.06	
Bus7	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.335	76.1	5.1	2.3	
Bus7	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.308	69.9	156	4.98	
Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.384	87.2	0.1	3.18	
Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.335	76.1	5.1	2.94	
Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.368	83.6	66	2.16	
Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.308	69.9	156	5.08	
Bus8	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.876	87.1	5.1	2.52	
Bus8	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.827	85.7	66	2.12	
Bus8	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.531	76.7	156	5.06	
Gantry 1	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.222	55.4	0.1	4.98	
Gantry 2	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.222	55.4	0.1	4.98	
Gantry 3	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.222	55.4	0.1	4.98	
Gantry 4	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.222	55.4	0.1	4.98	
Gantry 5	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.222	55.4	0.1	4.98	
Gantry 6	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.222	55.4	0.1	4.98	
Gantry 7	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.222	55.4	0.1	4.98	
Gantry 8	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.222	55.4	0.1	4.98	
Gen1	Generator	Exciter Peak Rating	Over Rating	0.658	Mvar	0.773	117.5	156	4.56	
Mtr Boom Hoist	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.242	60.4	61	4.98	
Mtr Main hoist	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.265	66.4	151	4.98	
Mtr Trolley traverse 1	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.234	58.6	91	4.98	
Mtr Trolley traverse 2	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.234	58.6	91	4.98	

Marginal									
Device ID	Type	Alert	Condition	Rating/Limit	Unit	Operating	% Operating	TBegin	Duration
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.073	93.1	0.1	5
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.045	92.3	7.94	0.1
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.068	93	61	5
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.059	92.7	68.2	0.02
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.036	92	96.6	0.84
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.073	93.1	0.1	5
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.972	90.1	7.64	0.4
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.068	93	61	5
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.976	90.2	68.14	0.08
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.017	91.4	96	1.44
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.025	91.7	161.08	0
Bus4	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.384	83.5	5.1	2.84
Bus4	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.386	83.6	66	2.16
Bus4	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.369	80.2	161	0.08
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.419	91.2	0.1	5
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.416	90.4	7.96	0.1
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.423	92	61	5
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.415	90.2	68.18	0.04
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.415	90.1	96	1.48
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.434	94.4	161.1	0
Bus5	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.392	85.3	5.1	2.76
Bus5	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.375	81.6	66	2.18
Bus5	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.409	88.9	96	0.86
Bus5	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.369	80.2	160.92	0.14
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.424	92.1	0.1	5
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.415	90.1	7.88	0.18
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.418	90.9	61	5
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.416	90.4	68.2	0.02
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.437	95	91	0.18
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.414	90	96.88	0.6
Bus5	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.415	90.2	161.08	0
Bus6	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.375	85.3	5.1	2.76
Bus6	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.359	81.6	66	2.18
Bus6	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.366	83.2	96	1.46
Bus6	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.353	80.2	160.92	0.14
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.405	92.1	0.1	5
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.397	90.1	7.88	0.18
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.4	90.9	61	5
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.398	90.4	68.2	0.02
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.406	92.3	91	5
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.399	90.8	97.48	0.04
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.397	90.2	161.08	0
Bus7	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.384	87.2	0.1	3.18
Bus7	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.352	80	7.42	0.62
Bus7	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.368	83.6	66	2.16
Bus7	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.353	80.2	161	0.08

Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.396	90	3.3	1.8
Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.399	90.7	8.06	0.22
Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.405	92	61	5
Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.397	90.2	68.18	0.04
Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.397	90.1	96	1.48
Bus7	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.416	94.4	161.1	0
Bus8	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.073	93.1	0.1	5
Bus8	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.972	90.1	7.64	0.4
Bus8	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.068	93	61	5
Bus8	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.976	90.2	68.14	0.08
Bus8	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.017	91.4	96	1.44
Bus8	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.025	91.7	161.08	0
Gantry 1	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.335	83.7	5.1	2.68
Gantry 2	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.335	83.7	5.1	2.68
Gantry 3	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.335	83.7	5.1	2.68
Gantry 4	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.335	83.7	5.1	2.68
Gantry 5	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.335	83.7	5.1	2.68
Gantry 6	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.335	83.7	5.1	2.68
Gantry 7	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.335	83.7	5.1	2.68
Gantry 8	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.335	83.7	5.1	2.68
Gen1	Generator	Exciter Peak Rating	Over Rating	0.658	Mvar	0.657	99.8	160.58	0.18
Mtr Main hoist	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.322	80.4	156	4.94

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Pamekasan, 23 Juli 1992, yaitu anak kedua dari dua bersaudara, pasangan Mohammad Fadli dan Hatifah. Penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari TK Tri Sakti, SDN Buddagan II, SMP N 1 Pamekasan, dan MAN 1 Pamekasan, yang kemudian setelah lulus dari MAN 1 Pamekasan, penulis melanjutkan ke jenjang perkuliahan diploma 3 di Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Setelah lulus dari Politeknik, penulis melanjutkan perkuliahan di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 4213106006 serta terdaftar di dalam angkatan lintas jalur 2013 genap. Di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ini, penulis mengambil Bidang Studi Marine Electrical and Automatitation System (MEAS). Penulis selama menempuh kuliah, berperan aktif dalam kegiatan akademik maupun non akademik, untuk kegiatan akademik, seperti mengikuti perkuliahan dari minggu pertama hingga minggu terakhir masa perkuliahan, menjadi grader di laboratorium MEAS.

Firman Rachmat Wahyudy
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
Firmanrw06@yahoo.com